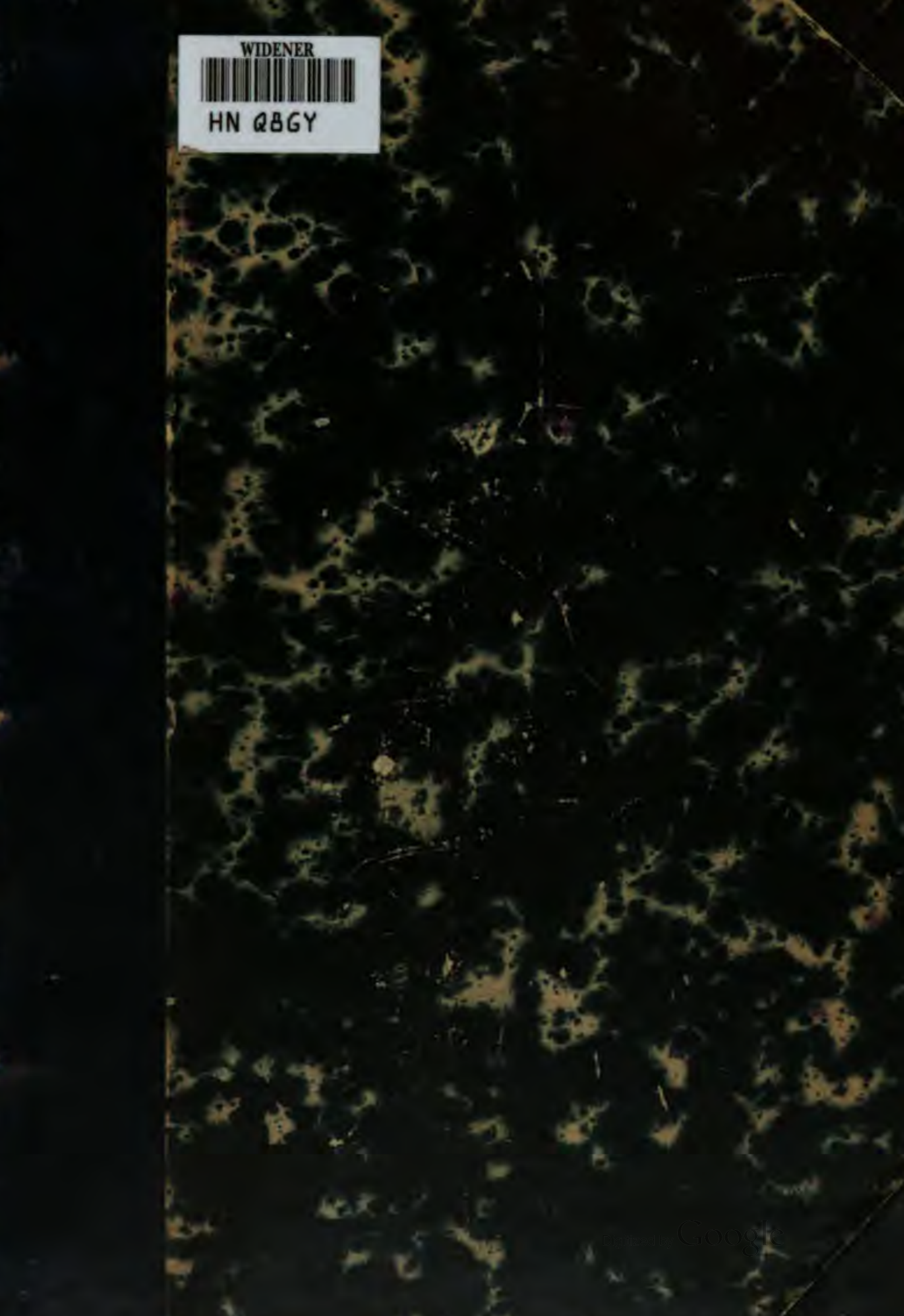


Kosmos für die Jugend.

Die

Denkwürdigsten Erfindungen

im

neunzehnten Jahrhundert.

Kosmos für die Jugend.

Otto Spamers

Illustrirte Jugend- und Hausbibliothek.

Erste Serie.

Neue gänzlich umgestaltete Auflage.

Zweite Gruppe.

Zweiter Band:

Das Buch denkwürdiger Erfindungen.

II.

Von

Louis Thomas.



Siebente vermehrte, gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Illustrationen, Ton- und Buntdruckbildern etc.

Leipzig und Berlin.

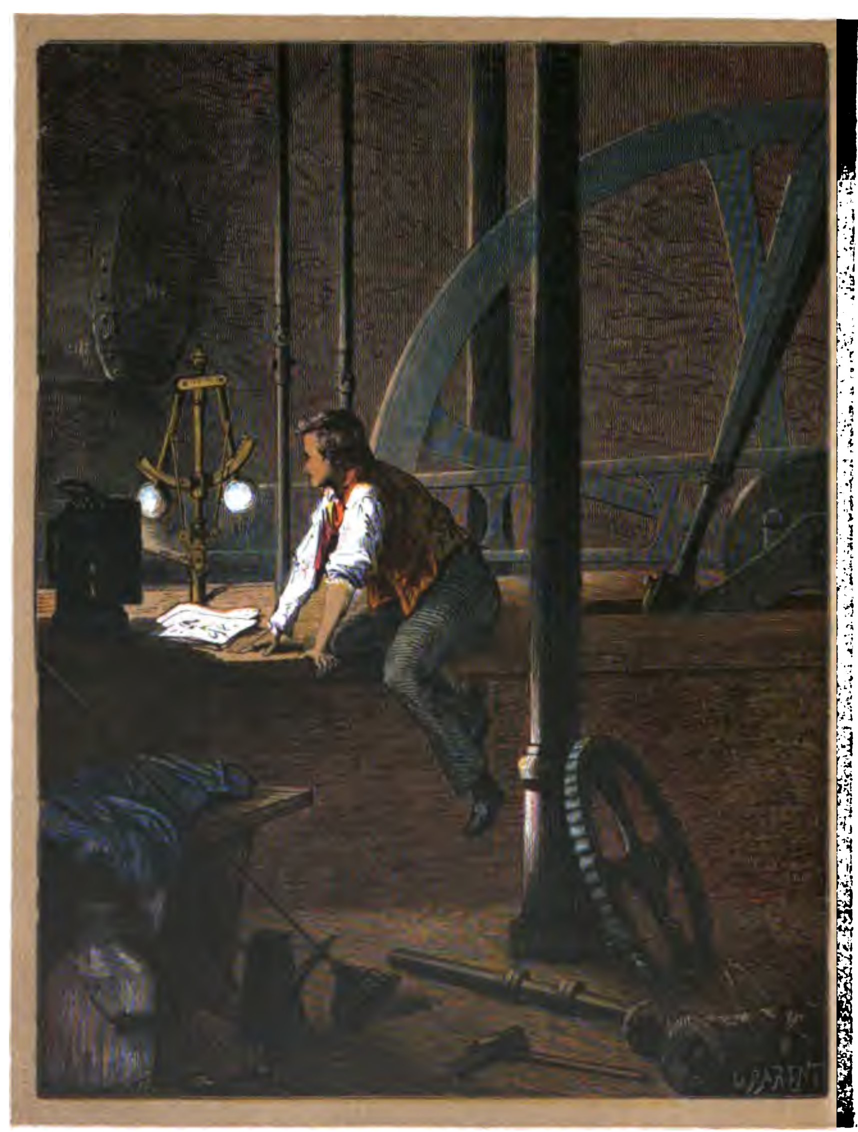
Verlag und Druck von Otto Spamer.

1883.

[illegible]

[illegible]

figures and [illegible]



Das Buch der Erfindungen. II. Band. Leipzig: Verlag von Otto Spamer

Der junge Maschinenheizer George Stephenson
in Betrachtung einzelner Theile der Dampfmaschine.

Die

Denkwürdigsten Erfindungen

im

neunzehnten Jahrhundert

[illegible]

[illegible]

Louis Thomas

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Leipzig und Berlin.

Verlag der Verlagsbuchhandlung von Otto Spamer.

18[illegible]

Die

Denkwürdigsten Erfindungen

im

neunzehnten Jahrhundert.

Schilderungen für die reifere Jugend.

In Verbindung mit F. Luckenbacher herausgegeben

von

Louis Thomas,

Direktor der Freischule zu Leipzig.

Siebente vermehrte, umgearbeitete Auflage, durchgesehen und verbessert

von

Th. Schwartze,

Ingenieur.



Mit über 130 Text-Illustrationen und einem bunten Titelbilde.

Leipzig und Berlin.

Verlag und Druck von Otto Spamer.

1883.

„Es werde Licht!“

Inhaltsverzeichnis
zum zweiten Bande.

Dampf, Dampfmaschinen, Eisenbahnen und Dampfschiffe.

transmission

production photography [illegible]?



James Watt.

Dampf, Dampfmaschinen, Eisenbahnen und Dampfschiffe.

I.

Die Erfindung der Dampfmaschine.

Der Dampf, der gewaltige Sohn zweier gewaltigen Elemente, hat großes geleistet auf Erden, lange bevor der erste Mensch das Licht erblickte oder der erste Grashalm geschaffen war; denn er und seine beiden Erzeuger, Wasser und Feuer, waren

ohne Zweifel die Hauptbaumeister und Bildner der Oberfläche unsres Planeten, und wenn sie auch hiermit in der Hauptsache längst fertig sind, so arbeiten sie im kleinern Maßstabe doch fort und fort noch an der Umgestaltung der Erde. Das Wasser reißt Landstücke ab und setzt anderswo deren an; es führt Erdreich und verwitterte Felstrümmer von den Höhen in die Tiefen und Meere; im Innern der Erdrinde aber arbeitet der aus Feuer und Wasser erzeugte Dampf noch gewaltiger, denn er ist ohne Zweifel die Ursache vieler Erdbeben, und bei den Ausbrüchen feuerspeiender Berge ist er offenbar die wirkende Kraft; gespannte Wässerdämpfe sind es, welche die feuerflüssigen Lavamassen aus den Kratern hinaus bombardieren und oft mit solcher Kraft, daß sie in den Lüften zerstieben und erkaltet als sogenannte vulkanische Aschenregen herabkommen.

Feuer und Wasser haben sich die Menschen längst unterthan gemacht; aber die gezähmten Riesen werden, wie in Erinnerung ihrer einstigen Freiheit, nicht selten rebellisch und zeigen dann, wie stark sie den kleinen Menschen gegenüber sind. So hat seit Jahrtausenden das Feuer den Menschen erwärmt, ihm seine Metalle geschmolzen und seine Speisen gekocht, aber auch ab und zu seine Habe verzehrt. Das Wasser lieh dem Menschen seinen Rücken, um seine Lasten zu tragen, drehte seine Räder, die ihm die Felder bewässern oder sein Korn in Mehl verwandeln sollten, begrub aber auch unter Umständen Räder, Felder, Häuser und Menschen in seinen Fluten. Somit war das Wasser die vorzugsweise bewegende Kraft, die Quelle mechanischer Arbeit, welche außerdem durch Muskelkraft hätte beschafft werden müssen, und ist es auch bis vor nicht langer Zeit geblieben. Denn obwohl die Menschen schon früh dunkle Ahnungen und Begriffe davon hatten, daß auch im Feuer gewaltige Kräfte schlummern möchten, so gelang es doch nur sehr allmählich, die Kraft des Feuers zu entschleiern, zu bändigen und nutzbar zu machen. Wir sagen Kraft des Feuers, denn wer sieht nicht, daß bei der Dampfmaschine nicht das Wasser, sondern das Feuer, also die Wärme das eigentlich Wirksame ist? Das Wasser ist der leidende Teil, das Zwischenmittel; es dehnt sich nicht von selbst zu Dampf aus, sondern wird von der Wärme ausgedehnt, wie jeder andre Körper, nur in einem besondern Maße, wie es seiner Natur entspricht. Gar nicht mit Unrecht wurden daher die Vorläufer der Dampfmaschine *Feuermaschinen* genannt; indes da es einmal in der Natur des Menschen liegt, daß er sich in seinen Ausdrücken gern an das Nächstliegende hält, so haben wir nun Dampfmaschinen, Dampfwagen und Dampfkraft und reden von der Einführung des Dampfes als von einem weltgeschichtlichen Ereignis. Und ein solches ist sie in der That. Keine Macht der Erde hat in wenigen Menschenaltern solche Umwälzungen hervorgebracht wie der unsichtbare Wasserdampf. Der Dampf, dieser neugeborne Riese, reicht mit seinen Eisenarmen in die Eingeweide der Erde, er fördert ihre Schätze in Tausenden von Zentnern an das Tageslicht herauf und verwandelt das heiße Metall durch Schmieden und Walzen zum gewichtigen Barren oder zur feinsten Nadel; er preßt es zum breit und dünn

ausgereckten Blech, um daraus dem Dampfe selbst seine Geburtsstätte, den Dampfkessel, sturmfeste, vom Dampfe beflügelte Schiffe, kühn gespannte Brücken und vieles Andre zu bauen.

Der Dampf druckt unsre Bücher, er mahlt das Mehl zu dem Brote, das wir essen, er spinnt die Wolle und die Baumwolle zu unsrer Bekleidung, er webt dieselbe und druckt die reiche Pracht der Blumen auf das leichte Gewebe. Tausende von Rädern werden durch den Dampf bewegt, von denen ein einziges oft Hunderte von Pferdekräften ersetzt, und dennoch ist ein leichter Druck der Hand im stande, diese gewaltige Triebkraft zu hemmen.

Mit vollstem Rechte kann man unser Zeitalter als das Zeitalter des Dampfes bezeichnen, denn in der That ist der Dampf heutzutage ein unentbehrliches Mittel für das Leben der Menschheit und ein Träger ihrer Kultur geworden; er ist sozusagen mit seiner Arbeitskraft in alle unsre Lebensbeziehungen eingedrungen und hat sich zum Herrn und Gestalter derselben gemacht. Heute sind ungefähr 200 000 Dampfmaschinen in der Welt im Gange, die mit mehr als 12 Millionen Pferdestärken für uns arbeiten und der stetigen Kraft von ungefähr 100 Millionen Menschen entsprechen, und unser ganzes Erwerbsleben ist hierdurch von Grund aus umgestaltet worden. Diese Thatsache stellt die Erfindung der Dampfmaschine mindestens ebenbürtig neben die Erfindung der Buchdruckerpresse. Macht letztre den Geist frei, so befreit jene den Leib von der niederdrückenden physischen Arbeit. Wären die vorhandenen 12 Millionen Dampfpferdestärken gleichmäßig auf die männliche Arbeitsbevölkerung sämtlicher Kulturländer verteilt, so stünde schon heute jedem Arbeiter ein zur schwersten Arbeit williger Dampfmensch helfend zur Seite.

Nun dürfte wohl die nächste Frage sein: was ist Dampf? Wenn man Wasser in einem gläsernen Gefäße der Hitze aussetzt und seine Temperatur einen gewissen Grad der Höhe erreicht hat, so bemerkt man, daß eine Menge von Bläschen sich an den Boden des Gefäßes, da dieser der Flamme am nächsten ist, und demnächst auch an den Seitenwänden desselben ansetzt. Diese Bläschen lösen sich nach und nach ab, steigen im Wasser in die Höhe und zerplatzen an der Oberfläche. Bei weiterer Zuführung von Wärme tritt endlich das völlige Sieden des Wassers ein. Von diesem Punkte ab wird die siedende Flüssigkeit nicht heißer, man mag die Feuerung noch so sehr verstärken; nur die Dampfentwicklung wird lebhafter, weil nun alle zugeführte Hitze auf die Bildung von Dampf verwendet wird. Der entwickelte Dampf hat, um heraustreten zu können, einen gewissen Widerstand überwinden müssen, den ihm die zu durchbrechenden Wasserschichten und die auf diese drückende äußere Luft entgegen setzten. Diese Widerstände bezeichnet man als den Druck einer Atmosphäre, und die Expansivkraft des Dampfes muß diesen Widerständen gleich sein. Somit erhält man in einem offnen Gefäß nur Dampf von der Kraft einer Atmosphäre und nicht mehr. Auch ist derselbe in keinem Falle heißer als das Wasser, aus dem er ausgetreten; der große Anteil Wärme, den er mehr als das Wasser aufgenommen, ist,

wie die Gelehrten sagen, **latent** oder gebunden, d. h. er ist nicht mehr als Wärme fühlbar und dient lediglich dazu, dem Wasser die Dampfform zu geben, ganz so wie eine große Menge Wärme latent wird, wenn man einen Kessel voll Schnee durch Feuer in eiskaltes Wasser umschmilzt. Wird der Dampf wieder zu Wasser, so wird auch seine latente Wärme wieder frei. Die gesamte im Dampfe enthaltene Wärme wird zum allergrößten Teile durch die latente (d. h. sozusagen im Dampfe verborgne) Wärme gebildet, die nur dann erst von neuem zum Vorschein kommt und als fühlbare Wärme sich bemerkbar macht, wenn der Dampf wieder zu Wasser verdichtet wird. Um Dampf im offnen Gefäße, also unter einer Atmosphäre Druck, aus bereits siedendem und daher 100° Cels. heißem Wasser zu bilden und dieses Wasser bis auf den letzten Tropfen zu verdampfen, muß ungefähr noch 5 ½ mal so viel Wärme zugeführt werden, als dem vorher vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte erhitzten Wasser bereits gegeben war. Will man also 1 kg 100° heißen Dampf in ebenso heißes Wasser verwandeln, so muß man zu dessen Verdichtung 5 ½ kg eiskaltes Wasser verwenden. Ist das Kilo Dampf durch Hinleiten in diese Wassermenge verdichtet worden, so hat man als Endergebnis 6 ½ kg siedendes Wasser im Gefäße. Dieses Experiment ist freilich nur theoretisch gedacht, denn in der Praxis würde es ohne einzelne Wärme- und Dampfverluste nicht abgehen. An sich richtig ist aber unsre Berechnung. Wir können hieraus jedenfalls lernen, daß die bei der Verdampfung des Wassers scheinbar verschwindende Wärme durchaus nicht eigentlich verschwunden ist, sondern nur für unsre Sinne ihre Form änderte, indem sie von unserm Gefühle nicht mehr wahrgenommen werden kann. Wir sagen daher, jene Wärme hat aufgehört sensibel, d. h. fühlbare Wärme zu sein. In welchem Zustande ist sie aber dann eigentlich im Dampfe vorhanden? Auf diese Frage ist bei einigem Nachdenken die Antwort unschwer zu finden. Wir sehen ohne weiteres, daß der Dampf ein viel weniger dichter Stoff als Wasser ist und daß er eine gewaltige Ausdehnungskraft besitzt, die vorher im Wasser nicht vorhanden war, vielmehr hat das Wasser eine gewisse Zusammenhaltungskraft, denn nur durch stärkere Gewalt kann es fein zerstäubt werden, sonst bildet es Strahlen und Tropfen. Bei der Dampfbildung muß diese Zusammenhaltungskraft oder sogenannte Kohäsion des Wassers durch eine Gegenkraft aufgehoben werden, und als diese Gegenkraft tritt die Wärme auf. Indem aber die Wärme solche Arbeitskraft entfaltet, hört sie auf, fühlbare und durch das Thermometer meßbare Wärme zu sein. Man sagt daher, die latente Wärme leistet im Dampfe eine gewisse innere Arbeit, und zwar eine Arbeit, die für unsre gewöhnliche Anschauung ganz gewaltig groß ist, wie wir gleich nachher zeigen werden.

Durch genaue Messungen des Dampfvolumens, das beim gewöhnlichen Luftdrucke aus einem gewissen Wasservolumen — sagen wir aus 1 l, d. i. 1 kdcm — gebildet wird, hat man gefunden, daß dieses Dampfvolumen etwa 1700 mal so groß ist, als das ursprüngliche Wasservolumen, so daß demnach aus 1 kdcm Wasser ziemlich genau 1,7 km Dampf von einer Atmosphäre

condensed.

coherent force.

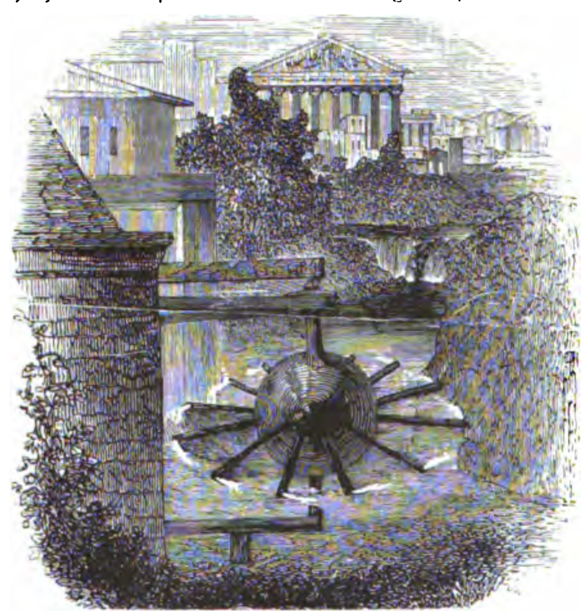
scattered into fine spray.

jet.

Spannung gebildet werden kann. Bei 2 Atmosphären Druck ist aber dieses Dampfvolumen schon fast um die Hälfte kleiner, und je höher der Druck, um so mehr wird ganz folgerichtig dasselbe zusammenschrumpfen.

Der Siedepunkt einer Flüssigkeit richtet sich, wie schon angedeutet, nicht allein nach der Natur derselben, sondern auch nach dem Widerstande, den die gebildeten Dämpfe zu überwinden haben, um frei zu werden. Daher siedet Wasser auf hohen Bergen bei einem geringern Hitzegrade, weil dort der Luftdruck geringer ist, und unter der Luftpumpe kann man schon mäßig warmes Wasser zum Sieden bringen. Daraus folgt, daß, wenn die Widerstände nicht verringert, sondern vermehrt werden, auch eine stärkere als die gewöhnliche Erhitzung nötig sein wird, wenn man das Sieden hervorbringen, also Dampf erzeugen will. Es befindet sich demnach in einem Dampfkessel, aus welchem der Dampf gar nicht oder nur allmählich entweichen kann, Wasser und Dampf von 1 Atmosphäre Spannung; beide haben, wie wir wissen, dieselbe Temperatur, die gewöhnliche Siedhitze, 100° des hundertteiligen Thermometers. Der Dampfraum hat soviel Dampf gefaßt, als er überhaupt bei 100° aufnehmen kann: er ist, wie man sagt, gefüllt; auch der Dampf kann den sich etwa noch entwickelnden neuen Dampfteilchen keinen Raum mehr abtreten, demnach ist er gesättigt. Geht unter diesen Umständen die Heizung fort, so kann dieser Zustand nicht andauern. Es muß nun zunächst das Wasser heißer als 100° werden, um noch mehr Dampf entwickeln zu können; das heißere Wasser gibt aber auch stärker gespannte Dämpfe aus, denn diese könnten ja gar nicht auftreten, wenn sie nicht den schon vorhandenen Druck überwinden könnten; der schon vorhandene Dampf muß nun bei dieser höhern Temperatur doch nachgeben und den Raum mit dem neuen teilen, bis wieder Sättigung eintritt. Die größere Dampfmenge bei gleichbleibendem Raume ist natürlich mehr zusammengepreßt und preßt also infolge ihrer Elastizität mit derselben größern Gewalt wieder nach außen; die Dampfspannung ist eine größere geworden. Diese Steigerung tritt sehr rasch ein: sie ist, wie gesagt, bei einer Wasserhitze von 100° 1 Atmosphäre, bei 120° schon 2, bei 145° 4, bei 200° 15 Atmosphären. Erinnern wir uns, daß der Dampf von 1 Atmosphäre Druck auf jeden qcm seiner Umgebung mit einer Kraft von 1 kg drückt, und nehmen wir diesen Druck 4-, 8-, 16fach, so wird es begreiflich, welcher ungeheuern Kraftäußerung der eingesperrte Dampf fähig ist. Wir wollen dies durch ein Beispiel zu erläutern suchen. Nehmen wir an, dieser Dampf werde mit einer Atmosphäre Überdruck erzeugt, so drückt derselbe auf jeden qcm des ihn einschließenden Dampfkessels mit 2 kg absolutem Druck, da aber der äußere Luftdruck dem Dampfdrucke mit 1 kg auf jeden qcm der Kesseloberfläche entgegenwirkt, so bleibt nur 1 kg wirksamer oder sogenannter effektiver Dampfdruck auf jeden qcm der innern Kesselfläche unter diesen Umständen übrig. Dieser effektive Dampfdruck sucht den Kessel auszudehnen und zu zersprengen. Nehmen wir also z. B. einen Dampfkessel an, der bei 1 m Durchmesser mindestens 3 m Umfang und dabei 8 m Länge hat, so

ist die Oberfläche dieses Kessels 3 . 8 = 24 qm oder 240000 qcm groß, und ebenso viele kg Druck muß dieser Kessel bei nur einer Atmosphäre Überdruck des Dampfes aushalten. Bringt man 1 kg dieses Dampfes in einen Cylinder, dessen 1 qm großer Kolben mit 10000 kg, also mit einer Atmosphäre Überdruck belastet ist, so sucht der eingeschlossene Dampf das ihm bei 2 Atmosphären absoluter Spannung zukommende Volumen einzunehmen. Dieses Volumen ist aber nahezu 900 mal so groß als das Volumen von 1 kg Wasser. Da nun 1 kg Wasser 1 kdcm Raum einnimmt, so nimmt der Dampf bei 2 Atmosphären absoluter Spannung $0,_9$ km Raum ein, und ebenso hoch wird derselbe den mit 10000 kg belasteten Kolben zu heben vermögen.



Die Dampfkugel Hero's von Alexandrien.

Fragen wir nun weiter, wer die Dampfmaschine, dieses gewaltige Rüstzeug des heutigen Menschen, geschaffen, erdacht oder erfunden, so kann man wohl sagen, diese Erfindung sei für einen Menschen zu groß gewesen; wir haben keinen eigentlichen Erfinder, sondern immer nur Verbesserer, die das, was sie bereits vorfanden, um einen Schritt weiter führten. Die Idee zur Dampfmaschine ist wie eine edle Frucht nach und nach herangereift; die praktisch nutzbare Dampfmaschine ist aber ein Kind des forschenden, rührigen, erwerbslustigen Geistes der Neuzeit.

Es beschreibt uns schon Hero von Alexandrien, ein griechischer Philosoph, der 150 Jahre vor Christus lebte, in einem seiner auf uns gekommenen Werke unter andern Apparaten auch eine Dampfkugel, die gewöhnlich als Dampfrad in erster Stelle aufgeführt wird, wenn von der Geschichte der Dampfmaschinen die Rede ist. Wir haben sie diesem Gebrauche folgend auf dieser Seite ebenfalls abbilden lassen. Eine hohle Metallkugel ist oben und unten durch Zapfen gestützt und hat auf ihrem Umfange eine beliebige Anzahl Röhren, die vorn verschlossen sind, aber nach der Seite zu, und zwar alle nach einer, eine Öffnung haben. Befindet sich nun in der Kugel etwas

illustrated

tubes

Wasser, das durch Feuer in Dampf verwandelt wird, oder leitet man aus einem andern Gefäße Dampf von unten in die Kugel, so wird er endlich aus den Seitenlöchern der Röhren herausfahren und die Kugel wird nach der entgegengesetzten Seite hin in rasche Umdrehung kommen. Die Vorrichtung wird demnach wie ein Feuerwerksrad, nämlich durch Rückstoß, getrieben, und würde sich ebenso gut gedreht haben, wenn man Luft oder Wasser hindurch gepumpt hätte. Auch soll derselbe Hero den nach ihm benannten Apparat „Heronsball" erfunden haben, der aus einem geschlossenen Gefäße besteht, in welches ein Rohr von oben einmüdet, das bis nahe auf den Gefäßboden reicht und aus welchem mittels komprimierter Luft oder gespannten Dampfes das im Gefäße enthaltene Wasser als ein emporspringender Strahl ausgetrieben werden kann.

Selbst die alten Deutschen kannten, nach einem einzelnen Vorkommnis zu schließen, schon die Kraft der Wasserdämpfe, aber das Geheimnis lag, wie damals alle Gelehrsamkeit, in den Händen der Priester. Man bewahrt noch jetzt in Sondershausen ein Götzenbild, den sogenannten Püsterich, durch das die alten Priester dem Volke den Zorn der Gottheit erkennbar zu machen pflegten. Die Figur ist etwa 65 cm hoch, aus Erz gegossen und hohl, die einzigen Öffnungen bilden die beiden Augen. Beim Götzendienste füllten die Priester den Körper mit Wasser, verstopften die Augen mit Pflöcken und zündeten dann im Innern des Thrones, auf welchem das Götzenbild saß, Feuer an. Sobald das Wasser ins Kochen kam, trieben die Dämpfe die Pflöcke aus den Augen, strömten mit heftigem Getöse aus den beiden Öffnungen hervor und verhüllten das Götzenbild in einen dichten Nebel. So wurde der Zorn der Gottheit der staunenden Menge augenscheinlich dargestellt.

Im 17. Jahrhundert gaben sich eine Anzahl von Dilettanten damit ab, die Idee des Heronsballes in neuen Formen zur Anwendung (sei es zu praktischen Zwecken oder zu bloßen Spielereien) bringen zu wollen.

Mit dem ausblasenden Dampfe ist nur wenig zu machen, immerhin kann man aber auch solche Dampfstrahlen zur Verrichtung gewisser leichterer Arbeit zwingen, wenn man die bezüglichen Apparate angemessen einrichtet.

Doch von solchen Spielwerken bis zur wirklichen mechanischen Benutzung des Dampfes war noch ein weiter Schritt, und manches Jahrhundert mußte noch vergehen, ehe er gelang. Die erste Spur von einem hierauf bezüglichen Versuche findet sich in Spanien vor. Der Seekapitän Blasko de Garay trat mit einer Maschine auf, durch welche er Schiffe ohne Ruder und Segel treiben wollte. Auf Befehl Karls V. wurde im Jahre 1545 im Hafen von Barcelona ein Versuch damit gemacht. Garay verbarg die Beschaffenheit seiner Maschine, und man sah nur, daß sie aus einem großen Wasserkessel bestand, und daß sich Räder auf beiden Seiten des Schiffes befanden. Das Schiff von 200 Tonnen Last legte angeblich in zwei Stunden drei Seemeilen zurück. Der Erfinder wurde belohnt, aber seine Erfindung blieb liegen, entweder weil die Sache nach Angabe eines Zeugen verwickelt, kostspielig und gefährlich war, oder wegen andrer Hemnisse, vielleicht

Pfaffenintriguen. Über das Wesen von Garays Maschine wissen wir nichts; ebenso wenig können wir uns Rechenschaft darüber geben, was gemeint ist, wenn der Prediger Johann Matthesius zu St. Joachimsthal in Böhmen, ein vertrauter Freund Luthers, in seiner 1562 in Nürnberg erschienenen Sarepta oder Bergpostille von einem Manne erzählt, der jetzt „anfinge, Berg (Stein und Erz) und Wasser mit Feuer zu heben."

Unter den Männern, welche mit noch unklaren Ideen an den Anfängen der Dampfmaschine arbeiteten, ist auch Salomon de Caus zu nennen, der in Deutschland geborne Sohn französischer Eltern. Derselbe hatte 1615 zu Paris eine kleine Schrift, „Raison des forces mouvantes" (Lehre von den bewegenden Kräften), herausgegeben und sie einige Jahre später, als er in Heidelberg lebte, noch einmal deutsch in Frankfurt erscheinen lassen mit der Bemerkung: „Zuerst in französischer, nunmehr aber in unsrer teutschen Muttersprache herausgegeben von Salomon von Caus, Ingenieur und Architekt seiner Churpfälzischen Eminenz." Das genannte Buch beschäftigt sich hauptsächlich mit Springbrunnen und andern Wasserkünsten und enthält u. a. eine Angabe, wie man Wasser mit Hilfe des Feuers über seinen natürlichen Stand steigen lassen kann. Das geschieht so: in eine kupferne Hohlkugel ist ein Standrohr eingelötet, dessen unteres Ende bis nahe an den Boden der Kugel reicht. Neben dem langen Rohr steht noch ein kurzes mit Schließhahn versehenes, das zum Einfüllen von Wasser dient. Wird nun unter die Kugel Feuer gemacht und das Wasser bis zum Sieden erhitzt, so treten die gebildeten Dämpfe in der Kugel zu oberst, drängen auf die Wasserfläche und bewirken das Aufsteigen im Rohr in derselben Weise, wie in den Apparaten der Trinkanstalten das Wasser durch den Druck der Kohlensäure empor getrieben wird. Dieser Caus'sche Apparat ist nichts als eine Art Heronsball (vergl. S. 7). Was sonst von den Schicksalen des de Caus erzählt wird, ist eine Sage, wie sie nur in Frankreich entstehen konnte. Man läßt ihn im Pariser Irrenhause enden, wohin ihn der Kardinal Richelieu sperren ließ, weil er ihn mit seiner „Erfindung" zu stark überlaufen habe. Nach verbürgten Nachrichten ist jedoch Salomon de Caus im hohen Alter als freier Mann in Paris gestorben.

Der Marquis von Worcester, den ihrerseits die Engländer unverdient zum Vater der Dampfmaschine stempeln wollen, ein Plänemacher und Aufschneider, der gleich ein ganzes „Hundert von Erfindungen", eigentlich aber Hirngespinsten, herausgegeben hat, lebte zur Zeit der Bürgerkriege, welche unter Karl I. England zu einem Tummelplatze aller Leidenschaften machten. Auf Seiten des Königs stehend, verlor er alles, was er besaß, und wurde endlich in Irland eingekerkert. Von dort gelang es ihm zu entkommen. Er floh nach Frankreich, wagte sich indessen, im Auftrage der verbannten Familie seines Königs, wieder nach England, wurde abermals gefangen und in den Tower gebracht. Hier bildete er angeblich seine Dampf-Idee weiter aus und äußert sich darüber in seinem Buche folgendermaßen:

„Ich habe eine wunderbare und kräftige Art erfunden, das Wasser durch Feuer zu heben, nicht durch eine Saugpumpe, bei welcher, wie bekannt, die Höhe der Ansaugung begrenzt ist, sondern auf eine andre Art, wo, sobald ich die Gefäße nur fest genug machen konnte, die Höhe, zu welcher ich das Wasser heben kann, unbeschränkt ist. Nachdem ich nun die Art und Weise gefunden hatte, meine Gefäße stark genug zu machen, daß sie dem innern Drucke widerstehen konnten, füllte ich ein Gefäß nach dem andern abwechselnd mit kaltem Wasser und erlangte durch die Anwendung der Dämpfe eine Fontäne, welche ohne Unterlaß einen Strahl von etwa 13 m Höhe gab. Ein Raumteil in Dämpfe verwandeltes Wasser trieb mir auf solche Weise 40 Raumteile kalten Wassers empor und es bedurfte nur eines Mannes, welcher nichts weiter zu thun hatte, als zwei Hähne zu drehen, um entweder Dämpfe in das gefüllte Gefäß oder kaltes Wasser in das entleerte zu leiten. Dabei aber mußte das Feuer stets lebhaft unterhalten werden."

Daß dieser Apparat niemals ausgeführt worden ist, steht außer Zweifel. Auch Zeichnungen hat der Marquis nicht davon gegeben. Er starb, nachdem er sich 1663 seine 100 Erfindungen hatte patentieren lassen, schon 1667.

Nunmehr aber führt uns die Erfindungsgeschichte auf einen Mann mit mehr Gehalt und Wissen, der zum erstenmale den allein richtigen Weg zur Dampfmaschine einschlug, der sie eigentlich erfand und doch wieder liegen ließ, weil die äußern Umstände ihm nicht förderlich waren. Dies ist Denis Papin, ein geborner Franzose, der aber als Hugenot nach der Aufhebung des Edikts von Nantes aus seinem Heimatlande fliehen und wie Tausende andrer sich ins Ausland retten mußte. Als junger Mediziner kam er nach London, studierte daselbst ausschließlich Physik und wurde 1681 Mitglied der dortigen Gelehrtenakademie, ging dann auf Einladung ein paar Jahre nach Venedig und darauf wieder nach London zurück. Seine erste technische Leistung aus damaliger Zeit, die ihn in Ruf brachte, war der Digestor oder der bei uns sogenannte papinianische Topf, eigentlich ein Hochdruckdampfkessel mit Sicherheitsventil, in welchem der Dampf weit über den Siedepunkt erhitzt werden und so zum raschen und eindringlichen Sieden und Zerkochen (z. B. Knochen zu Brei) benutzt werden kann.

In mehreren technischen Fabrikzweigen leistet diese Anwendung gespannter Dämpfe jetzt wesentliche Dienste; auch für den Küchengebrauch sind derartige kleinere Apparate unter dem Namen „Schließtopf" neuerdings wieder eingeführt worden. Nach England zurückgekehrt, beschäftigte sich Papin zunächst mit einem Apparate, um Wasserkräfte mittels Luftdruck auf entfernte Stellen zu versetzen, d. h. durch Wasser die Luft in Röhrenleitungen so zu verdichten, daß sie beim Austritt am andern Ende eine mechanische Arbeit leisten kann. Die Sache schlug fehl, und Papin hatte sein Vermögen zugesetzt. Jedenfalls konnte man die Apparate nach dem damaligen Standpunkte der Technik noch nicht gehörig ausführen, denn die Idee an sich ist gut, und bei der Tunnelbohrung durch den Mont Cenis ist die Sache ganz ausgezeichnet gegangen.

Papin ging nun nach Deutschland, denn der Landgraf Karl von Hessen-Kassel hatte ihn zu einer Professur der Mathematik an die Universität Marburg berufen. Hier und in Kassel setzte er seine Erfindungsbestrebungen fort. Er suchte nun eine Kraft, welche durch Hebung und Senkung eines Kolbens in einer glatten Röhre wirken sollte. Der Kolben ist aber das eigenste Stück der Dampfmaschine. Anfänglich trieb er den Kolben durch langsam verbrennendes Schießpulver empor, öffnete dann einen Hahn zum Austritt der Gase, worauf der äußere Luftdruck den Kolben wieder niedertrieb. Später, etwa 1690, ging er zum Wasserdampf über, indem er in seine Röhre selbst etwas Wasser brachte, dieses durch darunter befindliches Feuer verdampfte und dann den Dampf durch Einspritzen kalten Wassers wieder verdichtete. So konnte er mit seinem Modell, dessen Cylinder nur 5 cm Durchmesser hatte, jede Viertelminute ein Gewicht von 30 kg auf die ganze Länge des Cylinders heben. Er ging aber weiter und kam auf den abgesonderten Kessel, auf den Hochdruck, indem er den Dampf unverdichtet entweichen ließ, und gab an, wie man mittels einer Kurbel die geradlinige Bewegung in eine umlaufende verwandeln könne. Es existieren über diese Einzelheiten verschiedene Briefe, die Papin an Gelehrte, unter andern an unsern berühmten Leibnitz schrieb. Endlich brachte er ein kleines Dampfboot mit zwei Schaufelrädern zustande, auf welchem er nach England reisen wollte, wo er sich von seinen Arbeiten mehr Erfolg als in Deutschland versprach. Als Papin aber aus der Fulda in die Weser einfuhr, wurde ihm sein Boot von Schifferknechten zerstört, die in der neuen Erfindung eine große Konkurrenz fürchteten. Papin starb bald darauf, und die weitere Ausbildung der Dampfmaschine vollzog sich nun auf englischem Boden, denn während eine solche Helferin in Deutschland damals noch gar nicht gewürdigt werden konnte, war sie in England dringend gesucht. Die dortigen Kohlenbergwerke waren schon damals häufig sehr in die Tiefe getrieben, und die Herausschaffung des Wassers durch gewöhnliche Pumpen wurde daher so kostspielig, daß man gar nicht mehr mit Nutzen arbeiten konnte. Also Wasserhebemaschine brauchte und suchte man, und Pläne dazu tauchten in Menge auf.

Die erste einigermaßen in Gebrauch gekommene sogenannte Dampfmaschine, eigentlich aber nur ein Dampfdruckapparat und teilweise von der Wirkung des Heronsballs (vergl. S. 7), wurde von dem Engländer Savery gebaut. In dieser Maschine hatte der Dampf eine doppelte Leistung; einmal drückte er Wasser nach oben und dann wurde er verdichtet, um einen aufsaugenden leeren Raum zu erzeugen, der neues Wasser aus der Tiefe zog. Die Maschine hatte gewöhnlich Kessel und Cylinder doppelt, um abwechselnd zu heben und so einen ziemlich ununterbrochenen Ausfluß zu gewinnen. Indem wir das Wesen derselben kurz erklären wollen, brauchen wir uns Kessel und Cylinder als nur einzeln vorhanden zu denken. Zwischen beiden ist dann oben ein einfaches Verbindungsrohr, das durch einen Hahn abzuschließen ist. In unsrer Abbildung ist der eine Cylinder im Durchschnitt dargestellt, wie er größtenteils mit Wasser gefüllt ist. Das ist der Moment, wo der Dampfhahn geöffnet wird.

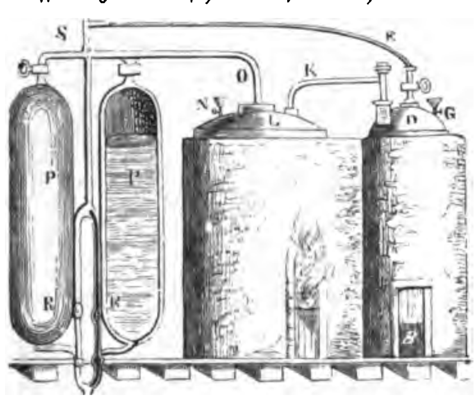
Der eindringende Dampf drückt das Wasser nach unten und zwingt es in dem daneben befindlichen Steigrohr nach oben zu steigen. Letzteres Rohr hat ein nach oben schlagendes Ventil, welches das Wasser durch-, aber nicht wieder zurückfließen läßt. Außerdem mündet in den Cylinder noch ein zweites, nach unten in den Schacht oder Brunnen gehendes Rohr, das Saugrohr, mit einem eben solchen Ventil wie das vorige.



Denis Papin bei seinem Versuche, die Weser mit Hilfe des Dampfes zu befahren. Bedrohung desselben durch Schiffer.

Hat nun der Dampf das Wasser verdrängt und sich an dessen Stelle gesetzt, so läßt man aus einem Reservoir kaltes Wasser über den Cylinder strömen. Hierdurch wird der Dampf in demselben zu Wasser verdichtet und ein leerer Raum erzeugt, der aber alsbald wieder gefüllt wird durch das Wasser, das nun in Wirkung des Luftdrucks im Steigrohr herauf und, das Ventil aufstoßend, in den Cylinderraum eindringt, um gleich darauf durch eingelassenen Dampf wieder fort nach oben geschafft zu werden.

Dieser im Grunde gar nicht übel erdachte Apparat hat aber einen Hauptfehler, nämlich daß in demselben beständig kaltes Wasser und heißer Dampf in unmittelbare Berührung kommen, noch bevor der letztere seine Arbeit geleistet hat. Diese kalte Berührung aber schwächt natürlich die Dampfkraft ganz bedeutend, denn es wird ein guter Teil des Dampfes zu Wasser verdichtet; die Spannkraft verwandelt sich in unnütze Wärme, die sich den obern Wasserschichten mitteilt. Mit der verbrauchten Dampfmenge würde man heutzutage leicht die 10—12fache Arbeit leisten können. Auch war diese sogenannte Dampfmaschine eben jenes Fehlers halber nicht sehr kräftig, denn zu der Hubhöhe von 14 m, welche die Saugpumpe leistete, und welche nicht vergrößert werden kann, kam etwa noch die gleiche Höhe, die sich durch den Dampfdruck erreichen ließ. Die Maschine kam deshalb auch wenig in Aufnahme, aber sie gab doch die Veranlassung, daß bald etwas Besseres zum Vorschein kam, nämlich die von Newcomen ersonnene Maschine.

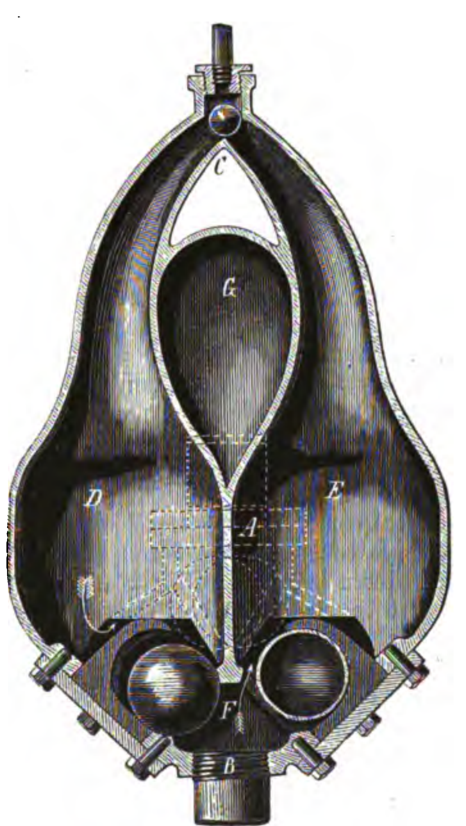


Saverys Dampfmaschine.

Newcomen, seines Zeichens ein Schlosser, hatte Gelegenheit gehabt, Saverys Maschine in Thätigkeit zu sehen; er erkannte ihre Mängel und machte sich daran, etwas Besseres zu schaffen. Seine Maschine kam 1705 zustande, und sie ist nichts Andres als die von Papin wenigstens zehn Jahre früher angegebene, viel besprochene und beschriebene atmosphärische Maschine. Ob aber Newcomen aus Papin oder aus sich selbst geschöpft habe, wird sich in unsrer Zeit nicht mehr aufklären lassen. Papin that sogar noch etwas für Saverys Maschine, indem er einen Schwimmer angab, eine mit dem Cylinderwasser steigende und sinkende Scheibe, welche die direkte Berührung zwischen Dampf und Wasser verhinderte und sogleich eine Ersparung der vollen Hälfte des Dampfes bewirkte.

Bevor wir aber zu Newcomens Dampfmaschine übergehen, wollen wir als merkwürdigen Umstand noch erwähnen, daß die Saverysche Dampfpumpe (denn nichts anders ist diese sogenannte Dampfmaschine) vor etwa einem Jahrzehnt in verbesserter Form in Amerika wieder aufgetaucht ist. In diesem erfindungsreichen Lande erfand nämlich ein Herr Henry Hall ums Jahr 1872 das sogenannte Pulsometer, einen Apparat, welchem dasselbe Prinzip zur Wasserhebung zu Grunde liegt, welches schon Savery nutzbar zu machen sich mühte. Freilich ist Halls Pulsometer ein viel vollkommnerer Apparat, als Saverys rohe Konstruktion, was bei den vorgeschrittenen Kenntnissen und überreichen Hilfsmitteln unsrer Zeit nicht zu verwundern ist.

Die beistehende Abbildung zeigt diesen interessanten, gewissermaßen der Einrichtung des menschlichen Herzens nachgebildeten Apparat im senkrechten Durchschnitt. Wie ersichtlich besteht derselbe aus zwei flaschenartigen, zu einem Ganzen vereinigten Gußeisenkörpern D E, welche unterhalb mit Saugventilen F versehen sind, die nach dem gemeinschaftlichen Saugrohre B führen, während an der Stelle, wo die beiden gegeneinander gebogenen Hälse der Flaschen zusammenmünden, ein Kugelventil C sich befindet. Dicht oberhalb der beiden Saugventile stehen die beiden Flaschen mit einer hinten befindlichen Kammer in Verbindung, in welche jede der beiden Flaschen mit einem Druckventile einmündet; über dieser Druckkammer befindet sich ein birnenförmiger hohler Körper G, der den sogenannten Windkessel bildet. Die darin befindliche Luft wirkt wie ein elastisches Polster auf das emporgedrückte Wasser und verhütet dessen Stoß bei der raschen Arbeit des Apparates. Außerdem steigt vom Deckel der Druckkammer das Steigrohr A empor, durch welches das emporgedrückte Wasser nach dem Orte seiner Bestimmung gelangt. Wenn diese Dampfpumpe in Betrieb kommt so wird dieselbe oberhalb des Kugelventiles C durch ein Rohr mit einem Dampfkessel verbunden. Die eine Flasche A ist mit Wasser und die andre Flasche A mit Dampf gefüllt, der sich rasch darin verdichtet und einen luftleeren Raum bildet, so daß das Kugelventil C vom Wasserdrucke in der ersten Flasche vor die Mündung der zweiten Flasche gepreßt wird und diese Flasche, währenddem von unten Wasser ansaugt, und der durch die offne Mündung der ersten Flasche von oben eindringende Dampf das Wasser aus dieser Flasche durch das Druckventil heraus und im Steigrohre emportreibt; der schließlich die ganze erste Flasche füllende Dampf kondensiert sich, und demzufolge wechselt nun das Spiel zwischen den beiden Flaschen. Auf diese



Halls Pulsometer.

Weise saugt immer die eine Flasche frisches Wasser von unten an, während aus der andern Flasche der Dampf das Wasser durch das Steigrohr emportreibt, und das Kugelventil C klappt rasch wie der Pulsschlag hin und her, durch sein Geräusch die flotte Arbeit des Apparats andeutend. Daher der Name.

Jedenfalls ist das Pulsometer ein einfacher und wenig Raum beanspruchender Apparat, der zwar etwas mehr Dampf verbraucht, als eine mittels einer guten Dampfmaschine betriebene Kolbenpumpe, aber doch unter gewissen Umständen, z. B. in engen Bergwerksschachten oder in Badeanstalten, Wäschereien, Brauereien, Brennereien 2c., wo man das vom Dampfe angewärmte Wasser nutzbar verwenden kann, sehr zweckmäßig ist.

In Newcomens Maschine bildet der Dampfcylinder c den Hauptteil. Derselbe ist unten geschlossen, oben aber offen, und es kann sich in ihm ein massiver Kolben h luftdicht auf- und abbewegen, der eine kurze Kolbenstange über sich hat, welche mittels einer Kette an das Ende eines Wagebalkens i befestigt ist, der seinen Unterstützungspunkt in seiner Mitte auf einer Wand oder einem Pfeiler findet und so einen sogenannten doppelarmigen Hebel bildet. An dem andern Arme dieses Wagebalkens (Balanciers) hängt, ebenfalls an einer Kette, die Kolbenstange m einer Pumpe, welche dazu bestimmt ist, das Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche der Erde zu bringen. An beiden Enden des Wagebalkens sind übrigens Bogen in Form von Kreisstücken angebracht, um dadurch die stets senkrechte Richtung der beiden Ketten zu erhalten. Der Boden des Cylinders c hat drei Öffnungen d, e und f, welche durch Ventilhähne geschlossen werden können. Unter der mittlern Öffnung e ist das Dampfrohr, welches den Dampf aus dem unterhalb des Cylinders stehenden Dampfkessel a unter den Kolben h führt, so daß, wenn das Ventil bei k geöffnet ist, der eintretende Dampf den Kolben in dem Cylinder c in die Höhe treibt. Dadurch und durch das Hilfsgewicht l wird die Pumpenstange m in den Brunnen gesenkt und das Wasser desselben tritt durch das Ventil über den Pumpenkolben. Hat nun der Dampfkolben h seinen höchsten Stand erreicht, so ist der Cylinder vollständig mit Wasserdampf gefüllt. Dann wird der Hahn n geöffnet, welcher ein Rohr geschlossen hielt, das mit dem Wasserbehälter g einerseits und mit dem innern Raume des Cylinders c anderseits durch die Öffnung d in Verbindung steht. Durch Öffnung des Hahnes tritt nun ein Strom kalten Wassers unter den Kolben h und verdichtet den dort befindlichen Dampf. Das dadurch gebildete Wasser fließt, zugleich mit dem bei d eingetretenen, durch die Öffnung f in das Rohr o ab. Sowie die Leere unter dem Kolben erzeugt ist, drückt die atmosphärische Luft mit einem Gewicht von 1 kg auf den Quadratzentimeter auf dessen Oberfläche. Er muß sich also in dem Cylinder abwärts bewegen und dadurch die Kolbenstange m und das über dem Kolben derselben stehende Wasser nach oben ziehen. Die Kraft, welche die Maschine entwickeln kann, hängt sonach ganz von der Größe des Kolbens, also vom Durchmesser des Cylinders ab. Newcomen übergoß anfänglich seinen Cylinder äußerlich mit Wasser, um den Dampf im Innern zu verdichten. Nun begab es

sich, daß einmal eine Maschine von selbst ungewöhnlich rasch zu arbeiten anfing; man forschte nach und fand, daß der Kolben undicht geworden war und von dem zum bessern luftdichten Verschluß auf ihm stehenden Wasser etwas ins Innere abfließen ließ. Dieser glückliche Zufall führte denn natürlich sogleich auf das Einspritzen von Wasser in den Cylinder selbst. An dem Kessel a befindet sich übrigens noch ein Sicherheitsventil b, welches sich öffnet, sobald der Druck des Dampfes im Kessel mehr als $1^1/_2$ kg auf den Quadratzentimeter beträgt.

Aus Obigem ersehen wir, daß in den Cylinder abwechselnd Dampf und kaltes Wasser einzulassen war. Die dazu nötigen Öffnungen und Schließungen wurden anfänglich mit der Hand ausgeführt, und mußte das mit viel Aufmerksamkeit und Pünktlichkeit geschehen, wenn anders die Maschine einen gleichförmigen Gang haben sollte. Die Maschinen machten etwa 10 Hube in der Minute, was also 20 Handgriffe des Öffnens und Schließens erforderlich machte. So wichtig diese Beschäftigung war, so langweilig war sie aber auch, und es ist nicht zu verwundern, wenn die Knaben, denen man diese Arbeit übertrug, dieselbe nicht eben angenehm fanden. So ging es auch Henry Potter, einem der Knaben, die bei der Maschine in Cornwallis die Hähne drehen mußten. Lebhaft und aufgeweckt wie er war, mochte er lieber mit andern Jungen spielen, und so kam er auf die Idee, ob sich nicht die Sache so einrichten ließe, daß sie sich ohne sein Zuthun von selbst mache. Er sah, daß der Dampfhahn stets geöffnet werden mußte, wenn der Balancier an der tiefsten Stelle angelangt war, der Kaltwasserhahn dagegen, wenn jener oben war. Er nahm nun zwei Bindfäden, knüpfte sie mit dem einen Ende an den Balancier, mit dem andern an die Hebel der Hähne, und bemaß und ordnete alles so gut, daß er in der That seine Erwartungen erfüllt sah. Die Mechaniker hatten in



Newcomens Dampfmaschine.

der Folge nichts weiter zu thun, als die Bindfäden durch eiserne Stäbe zu ersetzen. Diese Erfindung eines Knaben, die sogenannte Steuerung der Maschine, war von einer unberechenbaren Wichtigkeit, indem sie die Maschine unabhängig von der oft sehr unzuverlässigen Aufmerksamkeit der Aufseher machte, mit einem Worte, sie erst als eine automatisch wirkende Maschine darstellte, während sie bis dahin eigentlich nur ein Apparat gewesen war, der keine selbständige Wirksamkeit besaß, sondern der Beihilfe der Menschenhand bedurfte.

Die Newcomensche Maschine ist ihrer Zeit in den englischen Kohlenwerken zur Entwässerung viel gebraucht worden. Da man aber mit einem Saugrohr nicht weit in die Tiefe gehen kann, so müssen Pumpensätze angewandt worden sein, d. h. übereinander stehende Pumpen, die alle von einem auf- und niedergehenden Balken getrieben werden, und wo jede ihr Wasser in einen Kasten ergießt, aus dem es von der darüberstehenden wieder aufgesaugt und eine Etage höher gehoben wird.

Nach der Verbesserung, welche von Henry Potter 1718 durch Hinzufügung der Steuerung an der Dampfmaschine bewirkt worden war, ist dieselbe noch durch Brindley, Smeaton u. a. in England, fernerhin auch in Deutschland durch Fischer von Erlach und Leupold weiter ausgebildet worden.

Eine vollständige Umwandlung der Dampfmaschine aber fand durch James Watt statt, welcher den bisher noch ziemlich unzulänglichen Mechanismus im höchsten Grade vervollkommnete und damit zu allgemeiner Anwendung in allen Fällen, wo bewegende Kraft gebraucht wird, befähigte.

James Watt, geboren 1736 zu Greenock in Schottland, war von Jugend auf sehr schwächlich; man schonte ihn deshalb und überließ ihn den Vergnügungen und Beschäftigungen, zu welchen ihn eben seine Laune und seine Neigung hinzog. Diese aber führte ihn auf die mechanischen und mathematischen Studien, und als einst ein Freund von Watts Vater diesen zu besuchen kam, fand er den Knaben auf der Erde liegend und mit Kreide Linien in die Kreuz und Quere ziehend. „Wie“, rief er aus, „ein so großer Junge treibt solche Spielereien? Fort, in die Schule mit ihm!“ — „Gemach“, antwortete James' Vater; „ehe du den Knaben verdammst, siehe erst zu, was er beginnt!“ Und siehe da, der sechsjährige Knabe löste auf der Erde mathematische Aufgaben aus den Elementen des Euklides! — Unter anderm hatte auch der Vater, des Sohnes Hinneigung zu mechanischen Beschäftigungen erkennend, demselben eine kleine Sammlung von Werkzeugen angeschafft. Mit diesen begann er zu arbeiten und zerlegte alles Spielzeug, dessen er habhaft werden konnte, setzte es wieder zusammen und gelangte bald dahin, auch neues machen zu können. Ja zuletzt gelang es ihm sogar, eine kleine Elektrisiermaschine zu bauen, deren Funken und sonstige Wirkungen dem armen schwächlichen Knaben und seinen Gespielen die Quelle mannigfacher Unterhaltung gewährten.

Auf den ersten Anblick hin erschien James Watt fast träge, denn es war ihm nicht möglich, auswendig zu lernen und das Gelernte wie ein

Papagei nachzuschwatzen; dagegen aber dachte er um so mehr über das Gesagte und Gelesene nach, und jeder Gegenstand, welcher ihm aufstieß, war ihm eine Quelle neuer Forschungen und angestrengten Nachdenkens.



James Watt, den entweichenden Dampf des Theekessels beobachtend.

Einem oberflächlichen Beobachter mußte der Knabe träge und stumpfsinnig erscheinen. Glücklicherweise hatten seine Eltern Scharfblick genug, den Knaben richtig zu beurteilen; aber von seiner Tante, der Madame Muirhead, hatte er viel auszuhalten, denn diese tadelte ihn stets wegen seiner Trägheit und

Stumpfheit und ermahnte ihn oft, doch ein Buch zur Hand zu nehmen oder sich sonst nützlich zu beschäftigen. — So rief sie ihm auch eines Tages zu: „Mehr denn eine Stunde ist nun vergangen und du hast nicht ein einziges Wort gesprochen! Und weißt du, was du die ganze Zeit über gemacht hast? Du hast den Deckel von der Theekanne bald abgenommen, bald wieder aufgesetzt, du hast die Tassen und die Theelöffel über den Dampf gehalten und hast die Tropfen aufgefangen, welche durch den Dampf an denselben gebildet wurden. Ist das recht und mußt du dich nicht schämen, deine schöne Zeit so zu vergeuden?"

Die gute Frau Muirhead wußte wahrscheinlich nicht, daß vielleicht diese Stunde für ihren Neffen eine sehr entscheidende war, und daß das Experiment, welches er hier machte, die erste Stufe zu der Unsterblichkeit bildete, welche derselbe sich später erwarb, und sie sah in dem Knaben, der mit dem Theekessel spielte und zu ergründen suchte, warum aus den Dämpfen des Wassers wieder Wasser entstand, nicht den großen Ingenieur voraus, dessen Entdeckungen dazu bestimmt waren, der Welt unschätzbare Vorteile zu erringen. — Watt selbst, in späteren Jahren befragt, wie er zu seinen Erfindungen gekommen, gab zur Antwort: „durch unablässiges Nachdenken".

Mit seinem 19. Jahre trat Watt bei dem Mechaniker Morgan in London in die Lehre. Er brauchte zur Reise dahin 12 Tage und ahnte damals schwerlich, daß man sie dereinst, dank seinen Erfindungen, in 12 Stunden werde zurücklegen können. In London blieb er nur ein Jahr, worauf er nach Glasgow zurückging und später als Mechaniker bei der Universität beschäftigt wurde.

Wie es scheint, begann Watt sich in den Jahren 1762 und 1763, wo er mehrere Versuche mit dem Papinianischen Topfe machte, mit dem Wesen und der Verwendbarkeit des Dampfes anhaltender zu beschäftigen; aber erst das folgende Jahr war dazu bestimmt, ihn auf die Bahn seines Ruhmes zu führen. In der Sammlung der Universität befand sich ein Modell einer Dampfmaschine von Newcomen, dessen man sich zur Erläuterung bei den Vorlesungen bediente. Dies Modell war außer Gang gekommen, oder richtiger, es war nie im Gange gewesen, und man trug Watt auf, dasselbe in Ordnung zu bringen. Er löste seine Aufgabe zu vollkommener Zufriedenheit; sein Fleiß blieb aber nicht dabei stehen. Sein Scharfblick hatte bald erkannt, worin die Mangelhaftigkeit der Wirkung der Maschine Newcomens ihren Grund hatte. Die Maschine verlangte Wasser von sehr niedriger Temperatur, um unter dem Kolben den Dampf zu verdichten und einen möglichst leeren Raum herzustellen; dieses aber konnte durch die einfache Einspritzung von Wasser in den Cylinder nicht erreicht werden, außerdem entstand noch der Nachteil, daß der Dampf, wenn er mit den soeben durch das Wasser abgekühlten Seitenwänden und der Kolbenfläche in Berührung trat, abgekühlt und teilweise bereits kondensiert wurde, ehe er noch seine Wirkung geäußert hatte, was einen beträchtlichen Kraftverlust nach sich zog.

Dies führte Watt auf die Idee eines besondern Niederschlagungsapparates, des Kondensators, in welchem die Dämpfe, nachdem sie in dem

Cylinder ihren Effekt geäußert, abgeführt und außerhalb des Cylinders in einem geschlossenen Raume durch Kaltwasserbrause niedergeschlagen wurden.



James Watt studiert die Erfindung von Newcomens Dampfmaschine.

Mit dieser sehr wichtigen Erfindung trat er bereits um die Mitte des Jahres 1765 hervor, wodurch er, indem er den Dampf besser benutzte, eine so große Ersparnis an dem teuern Brennmaterial erzielte, daß man nun

mit einem Scheffel Kohlen so weit reichte als früher mit vier Scheffeln. Eine zweite bedeutende Verbesserung führte Watt bei den Dampfmaschinen ein, indem er den Kolben des Dampfcylinders nicht mehr durch die atmosphärische Luft, sondern durch Dampf niedertreiben ließ. Dies bewirkte er, indem er den Dampf abwechselnd unter und über dem Kolben einführte. So entstand die doppeltwirkende Dampfmaschine, wobei der Luftdruck ganz aus dem Spiele bleibt und die Dampfkraft auf mehrere Atmosphären Druck erhöht werden kann. Drei Jahre hatte Watt diese Erfindung bereits vollendet, ehe es ihm gelang, die Mittel zu erhalten, um dieselbe in einem so großen Maßstabe auszuführen, daß man sich durch den Augenschein von deren Nutzen überzeugen konnte. Erst nachdem Watt mit dem Dr. Roebuck eine Verbindung eingegangen war, infolge deren der letztere stets zwei Dritteile des reinen Gewinnes erhalten sollte, wurden unserm Watt die Mittel gegeben, eine Versuchsmaschine in großem Maßstabe zu bauen, deren Resultat dann aber auch, einige noch zu überwindende technische Schwierigkeiten abgerechnet, vollkommen genügend war.

Die Verbindung mit Roebuck dauerte indessen nicht lange, denn schon nach wenigen Jahren zeigten sich Roebucks Verhältnisse auf das höchste zerrüttet. Eine schwere Prüfungszeit begann für den mittellosen Watt, bis er endlich 1775 mit Matthias Boulton in Soho, nahe bei Birmingham, in Verbindung trat, indem er in dessen höchst ausgedehntem industriellen Etablissement sowohl die Kräfte als die Geldmittel fand, deren er bedurfte.

Watts Patent wurde noch auf die Dauer von 17 Jahren verlängert, und er widmete sich jetzt ausschließlich der Vervollkommnung seiner Maschine. Das Resultat seiner Bemühungen war zuerst die sogenannte einfach wirkende Dampfmaschine, bei welcher der Dampf den Kolben in einer Richtung bewegt, während der Druck der Atmosphäre die Rückbewegung hervorbringen muß.

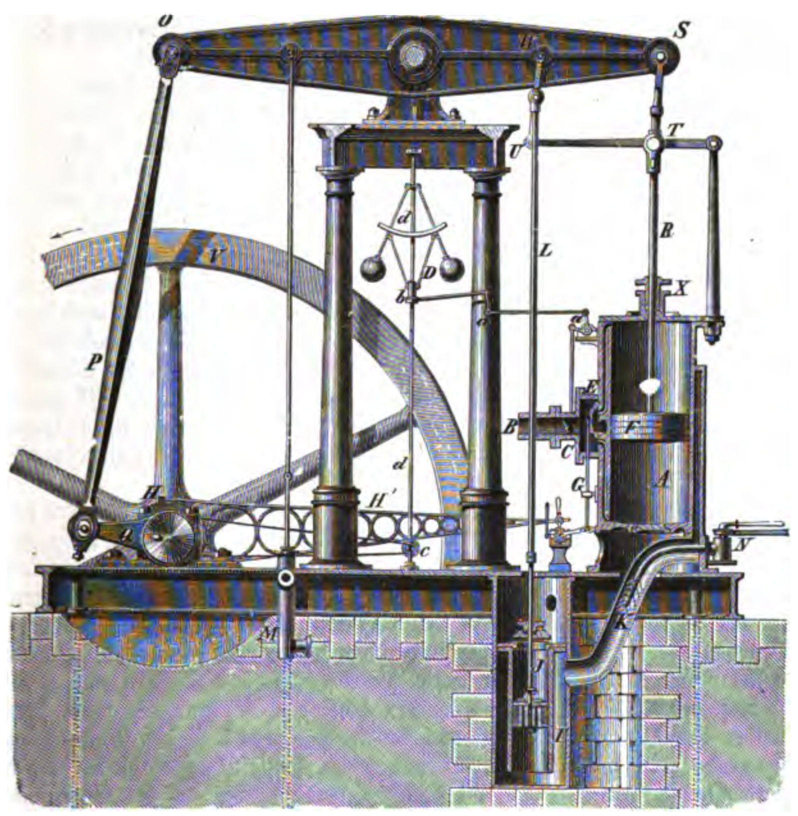
Dabei war die sehr unvollkommene Konstruktion Newcomens bedeutend verbessert worden, und zwar beruht der Unterschied in den folgenden Punkten:

Der Dampf wurde oberhalb des Kolbens eingeführt und so der Druck des Dampfes zum Heben der Last benutzt, was für den Betrieb von Bergwerkspumpen, deren Kolben an langen schwerfälligen Gestängen hängen, höchst zweckmäßig ist; die Mitwirkung des atmosphärischen Druckes war gänzlich ausgeschlossen, indem der Kolben durch die Last der wieder niedersinkenden Pumpengestänge gehoben wurde. Ferner erfolgte die Kondensation des Dampfes nicht mehr im Cylinder selbst, sondern in einem besondern Behälter, dem sogenannten Kondensator.

Unter den Verbesserungen, die Watt außerdem noch erdachte und zur Ausführung brachte, erwähnen wir: die warmhaltende Bekleidung des Cylinders, um den darin arbeitenden Dampf vor Abkühlung zu schützen und expansionskräftig zu erhalten; das Parallelogramm, d. i. eine Hebelverbindung zur Geradführung der Kurbelstange; die Steuerungsmechanismen zur selbstthätigen Regulierung des Zu- und Abflusses des Dampfes; die Luftpumpe zur

time of trial –

Entfernung des bei der Kondensation des Dampfes im Kondensator sich ansammelnden Wassers sowie der aus demselben abgeschiedenen Luft; die Benutzung der Dampfexpansion im unvollständig mit Dampf gefüllten Cylinder; die Umwandlung der geradlinigen Kolbenbewegung in eine rotierende mittels Krummzapfen oder (wie der moderne Ausdruck lautet) Kurbel; unter Benutzung des Schwungrades zur Überwindung der toten Punkte.



Wattsche Dampfmaschine.

Das sogenannte konische Pendel oder der Zentrifugalregulator ist zur Herstellung eines gleichförmigen Ganges der Maschine selbst bei wechselnder Größe der Arbeitswiderstände verwertet worden; ferner sind ihm noch mancherlei vorteilhafte Einrichtungen an den Dampfkesseln und deren Feuerungen, sowie endlich der Schlußstein des Ganzen in der doppeltwirkenden Maschine, in welcher der Dampf abwechselnd gegen beide Seiten des Kolbens wirkt und somit denselben viel gleichmäßiger treibt, zu verdanken.

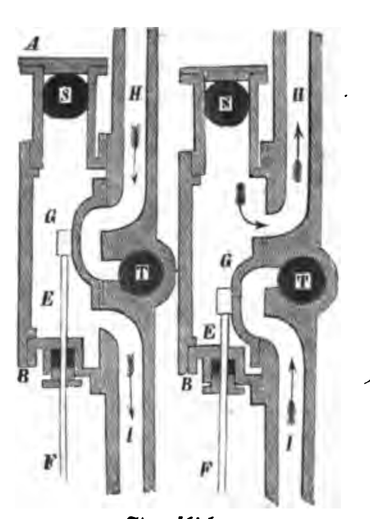
Durch diese zahlreichen und wichtigen Neuerungen wurde nicht nur der Brennmaterialbedarf der Dampfmaschinen außerordentlich vermindert, sondern auch die Möglichkeit herbeigeführt, dieselben zum Betriebe von Fabriksmaschinen aller Art anzuwenden, wie denn die Maschinenbauanstalt von Watt & Boulton schon in den Jahren 1780—1792 die ersten Dampfmaschinen für Baumwollspinnereien, Bierbrauereien, Mehlmühlen, Eisenwalzwerke und für viele andre Zwecke lieferte. Wir gehen nunmehr zur Beschreibung der Wattschen Dampfmaschine in ihrer vollkommensten Konstruktion über, welche unser Bild im Vertikaldurchschnitte zeigt.

Aus dem nicht mit abgebildeten Dampfkessel wird der Dampf durch ein Rohr nach dem Dampf- oder Arbeitscylinder A geführt. Kurz vor Eintritt des Dampfrohres in den Schieberkasten des Cylinders ist dasselbe mit einer innern Klappe, ähnlich den Klappen in Ofenröhren, versehen; diese sogenannte Drosselklappe C steht durch zwei Winkelhebel a a und die verschiebbare Hülse b im Zusammenhange mit dem Zentrifugal- oder Schwungkugelregulator D und wird von diesem je nach der Geschwindigkeit der Maschine von der Hauptwelle aus durch das Getriebe c, welches auf ein ähnliches Getriebe der Regulatorspindel d wirkt und diese in Umdrehung versetzt, mehr geöffnet oder geschlossen. Dies hat zur Folge, daß bei zu groß werdender Geschwindigkeit der Maschine weniger Dampf in den Cylinder eintreten kann, während bei zu langsam werdendem Gange der Maschine mehr Dampf in den Cylinder gelangt. Hierdurch wird eine Regulierung des Ganges und zugleich auch eine ziemlich gleichbleibende Umdrehungsgeschwindigkeit der Maschine erreicht.

Der Dampf tritt zunächst in den an der einen Seite des Cylinders befindlichen Schieberkasten E, worin sich der durch die Stange G bewegte Steuerschieber oder Dampfverteilungsschieber befindet, der den Dampf abwechselnd bald über, bald unter den Kolben treten läßt und dem vorher benutzten, auf der Gegenseite des Kolbens befindlichen Dampfe den Abgang gestattet. Der Cylinder ist natürlich oben und unten dampfdicht geschlossen, und die Kolbenstange R geht luftdicht durch die Stopfbüchse X. Tritt nun z. B. Dampf oberhalb des Kolbens in den Cylinder, so kann der unter dem Kolben befindliche Dampf frei durch das Auspuffrohr K in den Kondensator austreten, und umgekehrt, denn mit jedem Eintrittswege auf der einen Kolbenstange wird dem Dampfe auch ein Austrittsweg auf der Gegenseite des Kolbens geöffnet. Der austretende oder auspuffende Dampf gelangt, wie schon bemerkt wurde, in das nach dem Kondensator führende Rohr K, in welches durch ein dünnes, vielfach durchlöchertes Rohr kaltes Wasser eingespritzt wird, das dem Dampfe rasch seine Wärme entzieht und daher denselben veranlaßt, sich zu Wasser zu verdichten. Das so gebildete Kondensationswasser gelangt in den Kondensator I', in welchem sich die Luftpumpe I befindet, welche Luft und Wasser fort und fort aus dem Kondensator entfernt und so den luftverdünnten Raum, das sogenannte Vakuum, stets auf dem gewünschten Grade des Gegendruckes erhält.

Eine andre Pumpe M wird die Speisepumpe genannt, weil sie den Zweck hat, dem Dampfkessel stets das zur Verdampfung nötige Wasser zuzuführen und somit den Wasserstand in demselben stets in gleicher Höhe zu erhalten, was für die Sicherheit des Kessels sehr wesentlich ist. Das zur Kondensation nötige kalte Wasser wird durch den äußeren Luftdruck dem luftverdünnten Raume des Kondensators mittels des Saugrohres zugeführt, welches mit dem schon erwähnten Einspritzrohr verbunden ist.

Der Kolben ist durch seine Stange vermittelst eines Gelenkstückes mit dem Balancier O S verbunden und erteilt diesem durch seinen Auf- und Abgang eine oszillierende Bewegung, welche durch die Pleuelstange P auf die Kurbel Q übertragen wird und mittels dieser die Welle der Maschine umtreibt. Auf dieser Welle sitzt auch das große Schwungrad V. Die Geradführung der Kolbenstange erfolgt durch das sogenannte Parallelogramm X S N T, und an diesem Parallelogramm hängt auch die Kolbenstange L der Luftpumpe.



Steuerschieber.

Gegenwärtig, wo man erkannt hat, daß die Erzeugung von hochgespanntem Dampfe mit Bezug auf Brennmaterialverbrauch viel ökonomischer ist, als die Erzeugung von Niederdruckdampf, sind die Wattschen Niederdruckmaschinen ganz außer Gebrauch gekommen, und man kennt nur Hochdruckmaschinen, die je nach Umständen mit oder ohne Kondensation arbeiten und die man daher als Auspuffmaschinen und Kondensationsmaschinen unterscheidet. Auch der Balancier als Zwischenorgan zwischen Kolben und Kurbel ist nicht mehr sehr beliebt, weil derselbe zu schwerfällig ist; nur sehr ausnahmsweise wendet man denselben hier und da an.

Weiter geben wir zum bessern Verständnis dessen, was in dem schon erwähnten Schieberkasten zum Zweck der Dampfverteilung vorgeht, eine zweimalige Durchschnittsansicht desselben, um die beiden Stellungen zu zeigen, welche der Schieber abwechselnd einnimmt und dadurch den Dampf einmal unter, einmal über den Kolben dirigiert.

S ist die Mündung des Rohres, welches den Dampf aus dem Kessel herüber leitet, T diejenige des Abzugsrohres, das den verbrauchten Dampf in den Kondensator führt. F ist die Schieberstange, die durch eine Stopfbüchse ins Innere geht. An ihr sitzt ein in der Mitte gewölbter Riegel, welcher durch seinen Hin- und Hergang die beiden Dampfwege abwechselnd öffnet und ebenso wieder schließt.

In der ersten Figur ist ersichtlich, welche Lage der Schieber einnimmt,

wenn der Kolben im Cylinder seinen Tiefstand hat, also Dampf unter ihn treten muß. Hierzu steht jetzt dem Dampf der Kanal I offen, in dem er herab und in den Cylinder dringt. Gleichzeitig ist auch der Kanal H frei, und der über dem Kolben befindliche Dampf, der schon gearbeitet hat, geht in demselben, sowie der Kolben sich wieder hebt, abwärts in den Ausflußkanal. In der zweiten Figur sind durch die veränderte Stellung des Schiebers alle Richtungen umgekehrt: der neue Dampf geht nach oben und drückt den Kolben wieder herunter, indes der verbrauchte von unten her in den Auslaß gelangt.

Erwähnung verdient auch der Kolben der Dampfmaschine. Es leuchtet ein, daß derselbe unbedingt dampfdicht gehen muß, denn würde er Dampf aus der einen Abteilung des Cylinders in die andre übertreten lassen, so würde es mit dem Gange schlecht aussehen. Solche Dichtungen von Kolben nennt man im allgemeinen Liederungen, wozu man bei den gewöhnlichsten Wasserpumpen wohl einen Beschlag von Leder anwendet. Die Dampfkolben dagegen haben in der Regel eine sogenannte Metallliederung, d. h. es schleifen hier nur sehr glatte Metallflächen aufeinander. Hierzu aber ist erforderlich, daß der Kolben sich nach allen Seiten elastisch an die Cylinderwandungen anpreßt. Er besteht also nicht aus einem Stück, sondern hat folgende Einrichtung. Auf der Stange sitzen zwei Scheiben, die nicht bis an die Cylinderwand reichen; zwischen ihnen liegen übereinander zwei metallene Ringe, aber jeder in vier Teile zerschnitten und so gelegt, daß die unteren und oberen Zusammenstöße nicht aufeinander treffen, allso alle von unten oder oben gedeckt sind. Jedes Stück hat hinter sich eine starke Feder, durch die es nach außen, also an die Cylinderwand andrückt, und so ist der elastische Kolben hergestellt.

Mit Bezug auf die beweglichen Teile der Dampfmaschine ist im allgemeinen noch auf folgendes aufmerksam zu machen. Diese beweglichen Teile sind ihrem Zwecke nach entweder Kraftübertragungsorgane oder Steuerungsorgane. Die Steuerungsorgane oder Steuerungsmechanismen bewirken das rechtzeitige Zu- und Ablassen des Dampfes und haben außerdem noch dafür zu sorgen, daß derselbe seine Expansivkraft gehörig an den Kolben abgibt. Durch diese Funktion der Steuerungsorgane wird nicht nur ein stoßfreier und gleichförmiger Gang der Maschine herbeigeführt, sondern auch wesentlich mit die ökonomische Ausnutzung des Dampfes gewährleistet. Der Teil der Steuerung, welcher direkt das Öffnen und Schließen der Cylinderkanäle und somit die Dampfverteilung im Cylinder besorgt, heißt Dampfverteilungsorgan. Man hat Dampfmaschinen mit einem einzigen, oder auch mit zwei, oder auch mit vier Dampfverteilungsorganen. Das älteste Dampfverteilungsorgan ist aber der von Newcomen zuerst angewandte hahnartige Drehschieber; später trat an dessen Stelle der von Watt erfundene Gleitschieber und noch etwas später das von dessen Landsmann Hornblower erfundene Doppelsitzventil.

Epochemachend war die vom Amerikaner Corliß zu Anfang der fünfziger Jahre dieses Jahrhunderts erfundene, nach ihm benannte Steuerung, bei welcher gewissermassen auf den Newcomenschen Hahn- oder Drehschieber zurückgegriffen wird, jedoch in Verbindung mit einem höchst sinnreichen

Mechanismus. Durch diese Corlißsteuerung kam sozusagen neues Leben in den Dampfmaschinenbau, und die Erfindungen einer großen Zahl mehr oder minder ähnlicher Steuerungen folgten darauf, welche dann sämtlich in neuerer Zeit unter der allgemeinen Bezeichnung Präzisionssteuerungen zusammengefaßt und charakterisiert werden.

Allen diesen Präzisionssteuerungen kommt die Eigenschaft zu, daß sie die Dampfeinlaßkanäle am Cylinder nur allmählich öffnen, dann aber, wenn die Expansion beginnen soll, sehr rasch (präzis) schließen, und daß die Änderung des Expansionsgrades oder, direkt gedacht, des Füllungsgrades, selbstthätig vom Regulator besorgt wird.

Um dieses allmähliche Öffnen und rasche Schließen der Einströmungskanäle zu erreichen, sind im Mechanismus der Steuerung zwei besondere Teile eingeschaltet, von denen der eine — der aktive Mitnehmer — durch die Maschinenwelle (meist durch ein Exzenter) bewegt wird, während der andre Teil — der passive Mitnehmer — durch ein Gewicht oder eine Feder den Schluß des Dampfverteilungsorganes, d. i. des Hahnes, Schiebers oder Ventils, im geeigneten Augenblicke stoßartig bewirkt. Damit dies geschieht, muß der passive Mitnehmer in einem gewissen Moment vom aktiven, sich kontinuirlich mit der Maschinenwelle bewegenden Mitnehmer erfaßt und auf einen gewissen Teil der Umdrehung mit fortgeführt werden, wodurch die Öffnung des Dampfverteilungsorganes und damit der Eintritt frischen Dampfes in den Cylinder erfolgt. In einem bestimmten, von der Wirkung des Regulators abhängigen Momente läßt der aktive Mitnehmer den passiven wieder los, worauf dann derselbe der Wirkung des Gewichtes oder der Feder, auch wohl des Dampfes selbst unterliegt und plötzlich in seine frühere Lage zurückgeführt wird, wobei er den Dampfeinlaßkanal zusperrt.

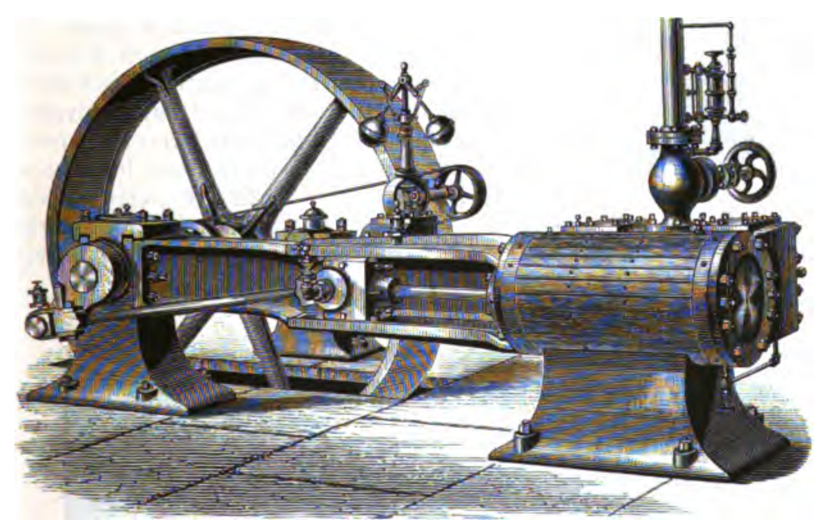
Watt sah bald ein, daß, wenn Hochdruckdampf mit voller Spannung einen Kolben bis an das Ende seines Laufes treibt, im Verhältnis zur geleisteten Arbeit sehr viel Dampf verbraucht wird, indem der Dampf mit seiner vollen Spannung oder ganzen lebendigen Kraft aus dem Cylinder entweicht. Daher kam der große Erfinder auf den Gedanken, den Dampfzufluß nach dem Cylinder schon zu unterbrechen, wenn der Kolben erst einen Teil seines Weges zurückgelegt hatte. Der in dem Cylinder somit abgesperrte Dampf wirkte nun mit allmählich schwächer werdendem Drucke durch seine Expansion, wodurch eigentlich die Arbeitskraft seiner latenten Wärme teilweise zur Geltung gebracht und folglich an Dampf und also auch an Brennmaterial gespart wird. Freilich muß aber dann der nicht mehr auf seinem ganzen Wege mit vollem Kesseldrucke getriebene Kolben eine entsprechend dem Expansionsgrade vergrößerte Fläche erhalten, wenn er dieselbe Arbeitskraft wie bei Volldruck entwickeln soll. Der mit Volldruck- oder Kesseldampf gefüllte Teil des Cylinders bestimmt den Füllungsgrad, und man spricht daher von Halb-, Drittel-, Viertelfüllung und entsprechend von zweifacher, dreifacher, vierfacher Expansion. Unter Umständen kann diese Expansion noch viel weiter, etwa bis auf das Zehnfache, getrieben werden.

In der Erkenntnis, daß durch starke Expansion des Dampfes der Dampfverbrauch zur Leistung einer gewissen Arbeitsgröße sich bedeutend vermindern läßt, hat man sich die Aufgabe gestellt, die Expansion möglichst weit zu treiben. Man fand jedoch, daß bei großer Expansion in einem einzigen Cylinder auch eine verhältnismäßig starke Abkühlung der Cylinderwand am auspuffenden Ende eintritt, wodurch alsdann eine entsprechende Kondensation des frisch eintretenden Dampfes im Cylinder erfolgt. Außerdem tritt auch bei den Dampfmaschinen, in deren Cylinder der Dampf mit großer Expansion arbeitet, des bedeutenden Druckwechsels wegen ein sehr bemerklich unregelmäßiger Gang ein, welchem nur durch sehr schwere Schwungräder, die viel Kraft absorbieren und teuer sind, entgegengewirkt werden kann. Allen diesen Übelständen, welche bei hoher Expansion in der Eincylindermaschine eintreten, half man dadurch ab, daß man zweicylindrige Maschinen konstruierte, und zwar in der Weise, daß der Kesseldampf zuerst mit vollem Drucke und mit folgender teilweiser Expansion in einem Cylinder von kleinem Durchmesser nur einen Teil seiner disponibeln Arbeit abgibt, und alsdann, weiter expandierend, in einem Cylinder von größerem Durchmesser mit dem übrigen ihm entziehbaren Teile seines Effektes zur Wirkung gebracht wird. Die erste brauchbare Maschine dieser Art, eine sogenannte Compound- (kombinierte) Maschine wurde vom Engländer Woolf 1604 gebaut, und es ist dieses System noch heutzutage unter der Bezeichnung Woolfmaschine wegen ihres sparsamen Dampfverbrauchs beliebt.

In der Woolfmaschine bewegen sich die beiden Kolben so, daß dieselben gleichzeitig ihren Schub vollenden, indem die Kurbeln, an denen die Kolbenstangen mittels der sogenannten Pleuelstangen angreifen, gleich oder entgegengesetzt gerichtet sind. Eine derartig eingerichtete Maschine arbeitet wie die Eincylindermaschine mit toten Punkten und kann nicht in jeder Kolbenstellung sofort angelassen, d. h. in Umdrehung versetzt werden, was besonders bei Schiffsmaschinen höchst nötig ist. Um diesem Übelstande abzuhelfen, konstruierte man Compoundmaschinen, deren Kurbeln rechtwinkelig gegeneinander stehen, wodurch man die toten Punkte in der Maschine beseitigt und außerdem noch einen gleichmäßigeren Gang als in der Woolfmaschine erhält.

Bei derartig angeordneten Maschinen befindet sich der eine Kolben in der Mitte seines Weges, wenn der andre Kolben schon am Ende angelangt ist. Hierdurch wird bewirkt, daß der Dampf während der ersten Hälfte des Kolbenweges im kleinen Cylinder nicht in den großen Cylinder hinübergelangen kann, sondern von demselben abgesperrt erhalten werden muß. Damit aber der während dieser Periode aus dem kleinen Cylinder entweichende Dampf einstweilen, d. h. bis zur Eröffnung des Eintrittskanales am großen Cylinder, Unterkunft finde, ist zwischen den beiden Cylindern eine Dampfkammer, ein sogenannter Receiver, angebracht. Man bezeichnet deshalb diese Art von Compoundmaschinen als Receivermaschinen.

Die gegenwärtig beliebteste Anordnung der Dampfmaschinen ist die horizontale, wie nachstehend dargestellt ist. Der Cylinder ist mit der Geradführung direkt verbunden, welche hier einen hohlen, freiliegenden Balken (sogenannten Bajonettbalken) bildet. Der seitlich am Cylinder befindliche Steuerschieber wird von der Schwungradwelle aus durch eine exzentrische Scheibe mittels einer langen Stange und eines kurzen Hebels betrieben. Für große Maschinen ist die hier dargestellte Konstruktionsweise weniger gut, weil der freiliegende Balken sich unter dem starken Drucke der Pleuelstange leicht durchbiegt und dadurch ein unruhiger, schlagender Gang entsteht. Man versieht solche Maschinen lieber mit einer fest auf dem Fundamente aufliegenden Grund- oder Bettplatte.



Liegende Dampfmaschine.

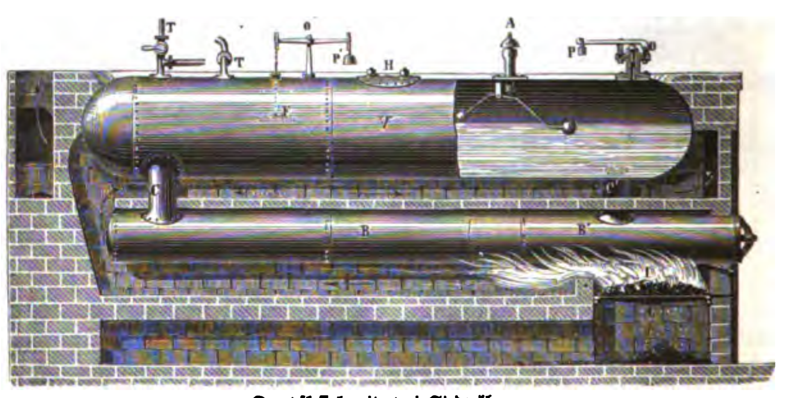
Ein sehr wichtiger Bestandteil der Dampfmaschine ist der Kessel, die Geburtsstätte der Dampfkraft. Derselbe besteht stets aus gewalztem starken Eisenblech, seltener aus Stahlblech. Die Dicke der Kesselwandungen richtet sich natürlich nach den Umständen und muß um so größer sein, je größer der Durchmesser des Kessels und je höher die Dampfspannung in demselben ist. Die Zusammensetzung des Kessels geschieht durch Nieten.

An der Form der Kessel ist viel probiert worden, und noch gegenwärtig bemühen sich die Erfinder, immer andre Kesselkonstruktionen zu ersinnen, durch welche die Wärme besser ausgenutzt werden soll. Watt benutzte zu seinen Niederdruckmaschinen sogenannte Kofferkessel, lange viereckige Kasten, bei denen aber der Deckel sowie der Boden nach oben, die beiden Langseiten nach innen gewölbt waren.

So hatte also das Feuer drei Wege unter und neben dem Kessel hin. Nachdem die Maschinen mit höherer Spannung aufkamen, mußte eine Form des Kessels gewählt werden, die mehr Festigkeit gewährte, also allerseits gewölbt war. Man nahm also Cylinder mit gewölbten Böden, welche der Anforderung an große Widerstandsfähigkeit ganz gut entsprachen; für höhere Dampfspannungen von acht bis zehn und zwölf Atmosphären werden jedoch die aus vielen engen Röhren gebildeten sogenannten Wasserrohrkessel noch vorgezogen. Auf die Größe der Heizfläche, d. h. auf diejenigen Stellen am Kessel, wo sich innen Wasser, außen Feuer befindet, kommt aber viel an, weil davon die Menge des entstehenden Dampfes abhängt. Um diese Fläche zu vergrößern, brachte man daher sogenannte Sieberöhren an, d. h. man brachte unterhalb des Kessels ein paar dünnere Cylinder an, die durch aufrechte kurze Röhrenstücke mit dem Hauptkörper verbunden sind. Da diese Teile nun ganz im Feuer liegen, das übrigens auch die untere Partie des großen Kessels bestreicht, so ist für Dampfentwickelung das Mögliche geschehen. Eine andre Kesselform ist die, wo ein weites offnes Rohr durch die Länge des Kessels selbst gezogen ist, das als Feuerkanal dient.



Durchschnitt eines Dampfkessels mit zwei Sieberöhren.



Dampfkessel mit zwei Sieberöhren.

Hierin setzt sich aber leicht Ruß an, der die Hitzeleitung sehr hemmt, und bei starkem Dampfdrucke werden solche sogenannte Flammenrohre, zumal wenn sie großen Durchmesser haben, leicht zusammengedrückt. Wenn solche Röhren viel enger genommen werden, wie an dem Kessel des Dampfwagens, so halten sie sich eher etwas länger rein. Die einfachen Cylinderkessel behaupten sich noch neben den übrigen mehr gekünstelten.

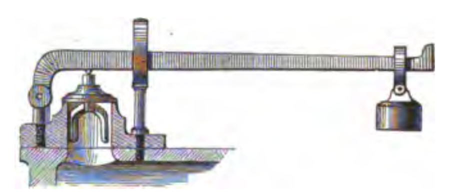
accomplishes, performs —

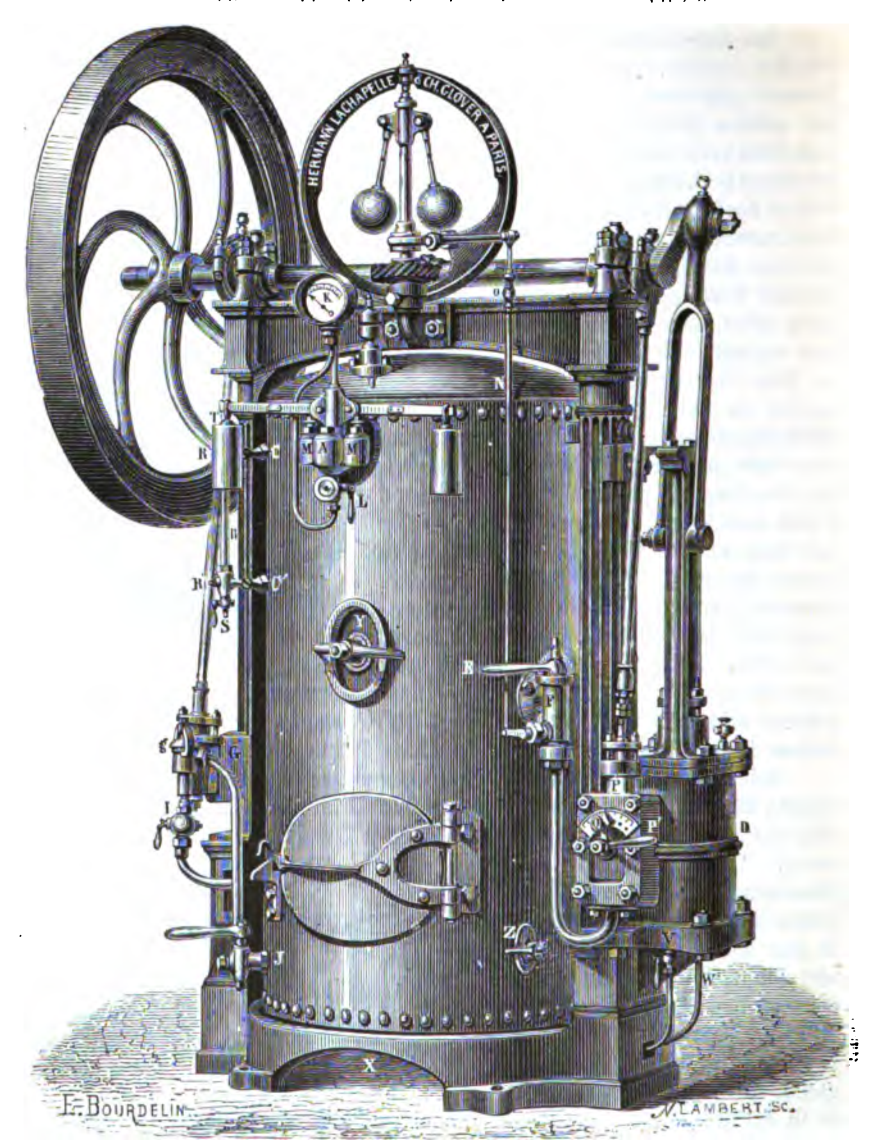
Im Kessel muß das Wasser auf einer gewissen Höhe, über halbvoll, erhalten werden, im obern Raume sammeln und drängen sich dann die Dämpfe zusammen. Den Wiederersatz des verdampften Wassers besorgt in den meisten Fällen eine von der Maschine getriebene kleine Druckpumpe; außerdem verwendet man aber auch, und zwar besonders bei Lokomotiven, zur Speisung des Kessels den sogenannten Injektor, auch Dampfstrahlpumpe genannt, weil in demselben der aus dem Kessel entnommene Dampf in einem Strahle durch den kleinen rohrförmigen Apparat fährt, dabei Wasser aus einem Reservoir ansaugt und in den Kessel hineintreibt. — Um jederzeit zu wissen, wie hoch das Wasser im Kessel steht, gebraucht man die Wasserstandszeiger. Die älteste Vorrichtung dazu sind zwei an der Vorderseite des Kessels übereinander angebrachte Probierhähne. Öffnet man sie einen Augenblick und es fährt aus dem untern Wasser, aus dem obern Dampf heraus, so ist die Sache in Ordnung. Wenn es aber im Kessel stark wallt, so werden diese Anzeichen unsicher; man zieht daher eine andre Einrichtung vor, nämlich zwei kurze Röhren, die an den nämlichen Punkten stehen, wo die Hähne hin gehören würden, und vorn durch ein dickes Glasrohr verbunden sind. In diesem Rohre nimmt das Wasser denselben Stand ein wie im Innern.



Manometer.

Wie stark die Spannung im Kessel ist, muß man natürlich auch jederzeit ersehen können. Hierzu dienen **Manometer** (Druckmesser), welche sehr verschiedene Einrichtung haben können. Es gibt Quecksilber- und Federmanometer. Die ersteren wirken wie Barometer und sind auch so geformt. Der kurze Schenkel mündet in den Dampfraum, der andre, viel längere steht empor und ist oben offen. Ist der Dampfdruck im Kessel 1 Atmosphäre, so steht das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich; beträgt es 2 Atmosphären, so ist der Stand des Quecksilbers im langen Rohr schon um 70 cm höher. Dies würde für Hochdruck viel zu hohe Röhren erfordern, daher paßt der Apparat für solche nicht, weshalb man gegenwärtig fast ausschließlich sogenannte Federmanometer benutzt. — Diese **Federmanometer** bilden eine Art metallener Dosen, die am Kessel angeschraubt sind, und in welche der Dampf eindringt.


Sicherheitsventil.

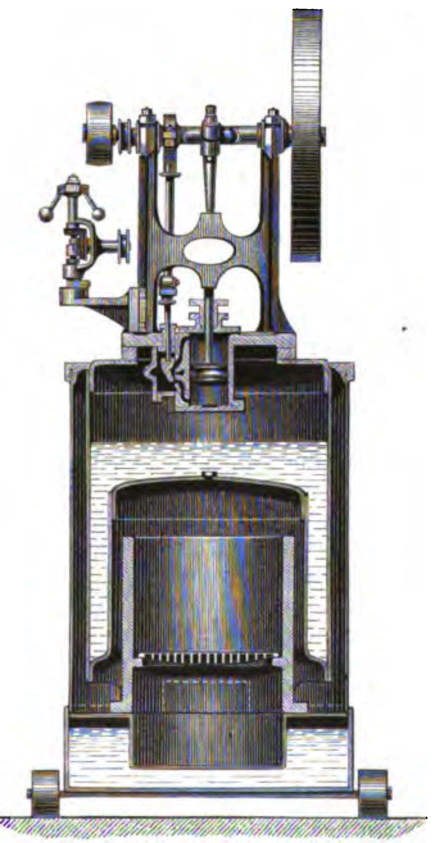


Transportable Dampfmaschine.

Er bringt nun je nach seiner Stärke einen Druck auf einen elastischen Teil hervor und bewirkt eine Verschiebung, die durch einen Zeiger sichtbar gemacht wird. Bei dem hier abgebildeten Bourdonschen Manometer ist

der elastische Teil eine Art gekrümmtes und zusammengedrücktes Röhrchen von dünnem Metall, etwa einer gekrümmten Säbelscheide zu vergleichen. Je kräftiger der Dampf hier eindringt, um so mehr strebt sich das Röhrchen gerader zu strecken, sein freies Ende rückt daher an eine andre Stelle und nimmt den Zeiger mit.

Jeder Dampfkessel hat endlich ein Sicherheitsventil, denn es kann ja kommen, daß das Nachsehen am Manometer einmal versäumt wird. Steigert sich also der Druck im Kessel höher, als es sein soll, so drängt der Dampf das Ventil selbst auf, und der Kessel bläst, wo dann sogleich Vorkehrungen getroffen, zunächst der Zug des Feuers abgestellt werden muß. Dieses Ventil hat gewöhnlich die auf S. 29 dargestellte Einrichtung. An dem in einem Gelenke gehenden Hebel sitzt eine schlichte Deckplatte, welche die Mündung des Ventils wie ein gewöhnlicher Deckel schließt. Damit dies erfolge, müssen die beiderseitigen Teile sehr fein abgeschliffen sein. Am andern Arme des Hebels zieht ein verschiebbares Gewicht; je weiter es nach dem Ende gerückt wird, desto schwerer wird das Ventil belastet, und desto höher kann die Dampfspannung steigen.



Kleine Kesseldampfmaschine.

Nach dieser Besprechung des Kessels nehmen wir unsre Betrachtung der Maschinen wieder auf. Wenn die Maschinen ohne Balancier die geradlinige Kolbenbewegung in eine rundlaufende verwandeln sollen, wie es doch meist der Fall ist, so ist eine besondere Vorrichtung hierzu nötig. Es wird dann der Kolbenstange eine Verlängerung gegeben (die Lenkstange), welche an dem Kopfe der ersteren mit einem Gelenke hängt, mit ihrem andern Ende aber den Kurbelzapfen umfaßt, der bei Lokomotiven gewöhnlich gleich an eine Radspeiche gesetzt ist. Der Kopf der eigentlichen Kolbenstange gleitet dabei, damit ihr Gang durch die Lenkstange nicht beunruhigt wird, in einer besondern Führung. Es gibt indes doch eine Maschine, bei der die

Kolbenstange direkt an einem Balancier hängt, die sogenannte oszillierende. Würde man sich bei der Wattschen Maschine das Parallelogramm weg- und die Stange an den Balancier gehangen denken, so leuchtet ein, daß jene beim ersten Hube abgebrochen würde. Könnte aber der Cylinder nachgeben, so ginge die Sache wohl. Dies thut nun der oszillierende (schaukelnde) Cylinder; er hängt in zwei in seiner Mitte angebrachten Zapfen, welche hohl sind und zugleich die Dampfwege bilden, und neigt sich hin und her, der Stange folgend, ist deshalb auch oberhalb mit Kulissen versehen. Solche Maschinen sind auf Dampfschiffen in Anwendung, weil sie wenig Raum einnehmen.

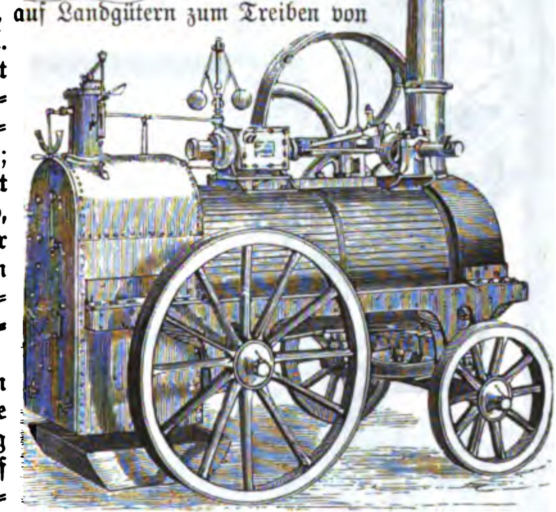
Wir führen nun eine sogenannte kleine Kesseldampfmaschine in leicht ausführbarer Konstruktion vor, und möchten unsern jungen Lesern raten, falls der eine oder andre unter ihnen sich selbst einmal ein kleines Dampfmaschinenmodell anfertigt, diese Abbildung dazu als Vorlage zu benutzen. Der Kessel besteht aus mehreren ineinander geschachtelten Blechcylindern, nur der den Rost umgebende Cylinder besteht aus starkem Gußeisen oder aus feuerfestem gebrannten Thon. Unterhalb des Aschenraumes befindet sich der Behälter für das Speisewasser, das auf diese Weise etwas vorgewärmt wird. Vom Roste steigt das Feuer empor, staut sich an der eisernen Decke der Feuerbüchse und wird gezwungen, durch den engen ringförmigen Raum der Feuerbüchse nach unten zu ziehen, worauf es wieder aufwärts geht und oberhalb seinen Abzug nach der Esse findet. Der Dampfcylinder ist gegen Wärmeverlust vollständig geschützt, indem er in den Dampfraum des Kessels eingesenkt ist, und es ist in diesem Falle eigentlich gar kein Schieberkasten nötig, wenn man nur dafür Sorge trägt, daß der Abstoßdampf durch ein Rohr aus dem Kesselraume Abzug findet. Der Regulator dient dann freilich nur als unnützes Beiwerk. Ist aber ein geschlossener Schieberkasten vorhanden, so kann man den Dampf durch eine mit dem Regulator verbundene Drosselklappe zuführen. Eine Speisepumpe ist in der Abbildung nicht mit angegeben, jedoch läßt sich eine solche leicht anbringen und von der Maschinenwelle aus betreiben.

In gewissen Fällen benutzt man unmittelbar die hin und her gehende Bewegung, und dann wird die Maschine so einfach, daß sie nur aus Kessel und Cylinder besteht. Dies ist der Fall bei den Dampframmen, wo die Maschine in den Lüften auf einem Baugerüst steht. Der Dampf hebt den Kolben und mit ihm den daran hängenden Rammblock. Ein Druck macht den Dampf frei, und der Block stürzt herab. Die Dampfschmiedehämmer wirken ganz ebenso. Auch Sägewerke läßt man zuweilen direkt durch den Dampfkolben treiben.

So erscheint die Dampfmaschine als die anstelligste Dienerin, der mannigfachsten Benutzung und Formveränderung fähig. Ihre Verbreitung ist noch immer im Zunehmen, namentlich bei den kleineren Industriellen, die in ihren Werkstätten einer Kraftquelle von 1—4 Pferdekräften bedürfen. Hierfür hat man jetzt sogenannte transportable Maschinen, welche in

schon zusammengesetztem, ganz fertigem Zustande versandt und an jeder Stelle sofort ohne Fundament hingesetzt werden können, welche an Raum etwa $1^1/_4$ m in Länge und Breite gewährt. Diese netten, ohne jedes Geräusch arbeitenden Maschinen haben Röhrenkessel wie die Lokomotiven, aber aufrecht stehend, und zeichnen sich überhaupt durch gedrängte Bauart aus.

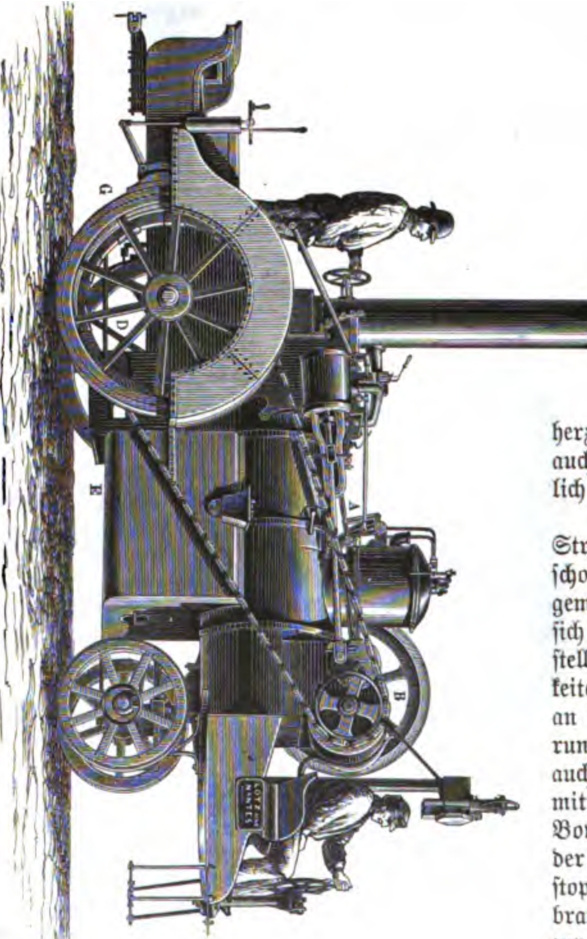
Zwischen der eilfertigen Lokomotive und den feststehenden Maschinen existieren noch einige Mittelglieder, die mehr oder weniger der Ortsveränderung fähig sind. Von ihnen ist die Lokomobile oder fahrbare Dampfmaschine am gewöhnlichsten, ein Ding, das einem Dampfwagen ähnlich ist, aber zu seiner Versetzung selbst Zugpferde bedarf. Man benutzt solche Maschinen in Fällen, wo nur zeitweilig Maschinenkraft gebraucht wird, bei Bauten namentlich, um Entwässerungspumpen zu treiben oder Lasten emporzuziehen, auf Landgütern zum Treiben von Dreschmaschinen u. dgl. In der Abbildung liegt obenauf der Dampfcylinder a in einer kastenartigen Ummantelung; die Kolbenstange dreht das eiserne Riemenrad, über welches bei der Arbeit der Laufriemen gespannt ist, der die Bewegung auf die Arbeitsmaschinen überträgt.



Lokomobile.

In einzelnen Fällen hat man diese Maschine auch soweit selbständig gemacht, daß der Dampf selbst die vorderen Fahrräder dreht und also die Maschine aus eigner Kraft mit der gehörigen Langsamkeit dahin gehen kann, wo sie gebraucht wird. Sie macht so den Übergang zu noch schwereren und kräftigeren Maschinen, den Straßendampfwagen, welche mit ihren ungemein breiten Rädern wirklich kolossale Zugtiere vorstellen. Diese Klasse ist die jüngste und noch nicht zahlreich vertreten, am meisten in England und auch in Amerika. Es sind eigentlich wieder zwei Klassen: die eine schleppt Lastwagen auf gewöhnlichen Straßen, die andre Omnibusse auf städtischen Linien. Hierbei werden nun zwar die Pferde erspart, aber die Geschwindigkeit derselben kann doch nicht übertroffen werden, weil die Maschinen auf Chausseen und in Straßen eine Menge Hindernisse finden, die nur im langsamen Gange überwunden werden können, während diese Fahrzeuge,

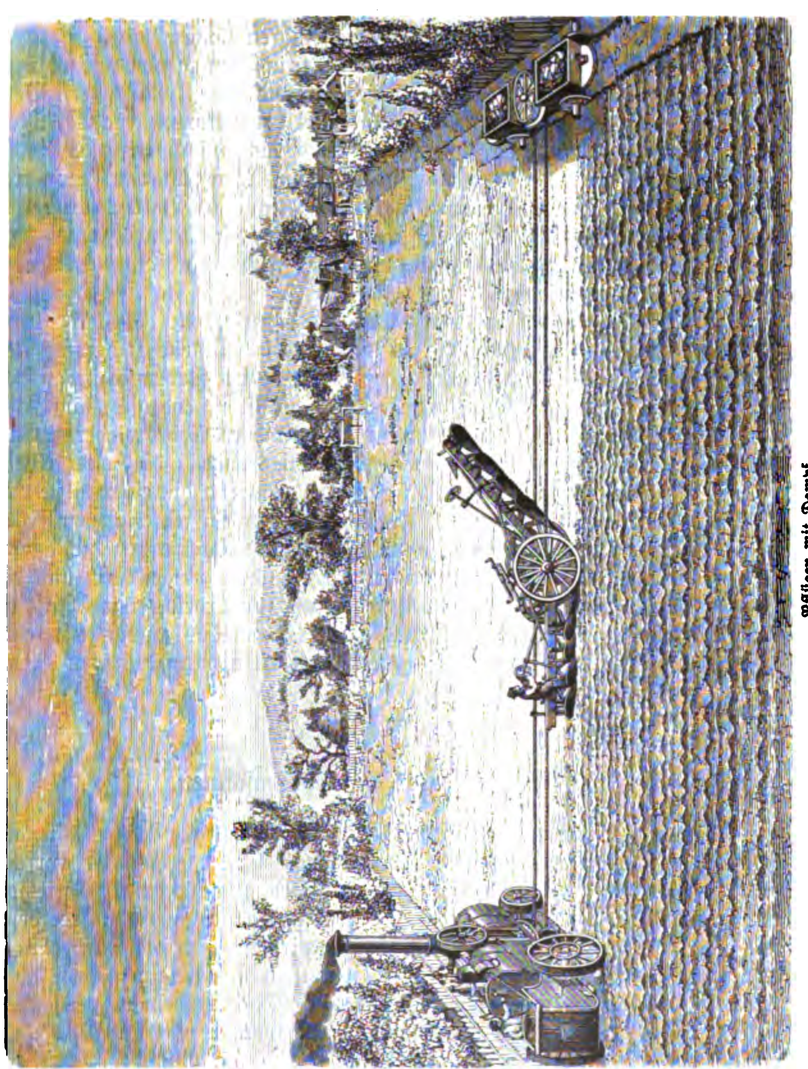
wenn sie auf einer Eisenbahn dahinstürmen wollten, daran in Trümmer gehen würden. Die Frachtmaschinen gehen daher so schnell wie das Pferd im Schritte, die der Omnibusse gehen ähnlich wie im Trab. In England gibt es Gesellschaften, welche 20—30 und mehr solcher Straßendampfwagen besitzen und dieselben zum Transport vermieten; ihre Räder sind mit Gummibandagen belegt. Von den Maschinen für schweren Zug hat eine — von Fowler in England — auch bei der Belagerung von Paris mitgewirkt und im Dienste der Deutschen die schweren Belagerungsgeschütze nebst Munition mit großer Kraft herzugeschleppt, aber dabei auch die Chausseen gründlich ruiniert.



Straßendampfwagen von Lotz in Nantes.

Die Konstruktion von Straßendampfwagen hat schon vieles Kopfzerbrechen gemacht, und so leicht man sich die Sache anfangs vorstellte, so viele Schwierigkeiten fanden sich, als man an die praktische Ausführung ging. Es sind daher auch mancherlei Auskunftsmittel versucht worden. Boydels Maschine, die bei der Belagerung von Sebastopol zum Schleppen gebraucht wurde, führte sogar zur Überbrückung der Unebenheiten des Weges ihre eignen Schienen mit sich. Jedes Rad war nämlich umgeben mit einer Art endloser Kette von geraden Schienenstücken, die durch Gelenke zusammenhingen und also den Radkreis mit einem Vieleck, sagen wir Zwölfeck, umgaben. Da dieser Besatz vom Rade mit herumgenommen wurde, so mußte immer ein solches Stück zu unterst sein und dem

Rade als Laufschiene dienen. Nur werden sich die Stücke bald krumm gezogen haben, und dann gewähren sie natürlich keinen Vorteil mehr. — Beistehend ist ein solcher Straßendampfwagen dargestellt.



Pflügen mit Dampf.

Derselbe hat eine Maschine von etwa 12 Pferdekräften, und die großen Fahrräder G werden durch den Dampfcylinder A von der Kraftwelle B durch zwei endlose Ketten gedreht.

Die Fahrgeschwindigkeit beträgt für gewöhnlich eine deutsche Meile, wobei so ein Wagen bis 4000 Zentner Last zu ziehen vermag. Die Strecke von 52 Meilen von Nantes nach Paris legt ein solcher Wagen in acht Tagen zurück. Derartige Maschinen müssen selbstverständlich ein bewegliches Vordergestell haben, damit sie Bogen fahren können.

Endlich ist der Dampf auch als Feldarbeiter in Dienst genommen worden, wenigstens in England, wo bei den hohen Arbeitslöhnen und andern Verhältnissen wohl am ehesten ein Vorteil dabei herauskommen kann. Man pflügt also dort schon öfter mit Dampf, und auch auf ungarischen Großgütern soll man neuerlich damit begonnen haben. Man läßt entweder durch eine Zugmaschine eine Reihe von Pflügen, die durch einen Balken verbunden sind, direkt über das Feld hinwegziehen, oder man verfährt noch in der Art, welche zuerst aufkam, mit Benutzung einer Lokomobile und eines Seilzugs, wie es die Abbildung zeigt.

Die Lokomobile hat ihren ersten Standort zur Seite des Feldes und an dessen Anfang; ihr gegenüber an der andern Feldseite steht eine Art Karren, welcher eine Seiltrommel trägt. Eine zweite Trommel ist an der Maschine und wird von ihr gedreht. Das Seil ist ein endloses, läuft also von einer Trommel zur andern und auf der andern Seite wieder zurück. An ihm ist ein doppelter Satz von Pflügen angehangen, die unter einem Winkel dergestalt zusammengestellt sind, daß, während die eine Hälfte arbeitet, die andre schräg emporragt. Hat das Pflugsystem seinen ersten Gang über das Feld gemacht, so werden Lokomobile und Karren um die Breite des gepflügten Streifens weitergerückt, die Maschine umgesteuert und die Pflüge gekippt. Die bis jetzt müßigen liegen nun zur Arbeit bereit. Infolge der umgekehrten Wirkung der Maschine kehrt dann das zusammengesetzte Werkzeug zu dieser zurück, und so geht die Arbeit abwechselnd fort.

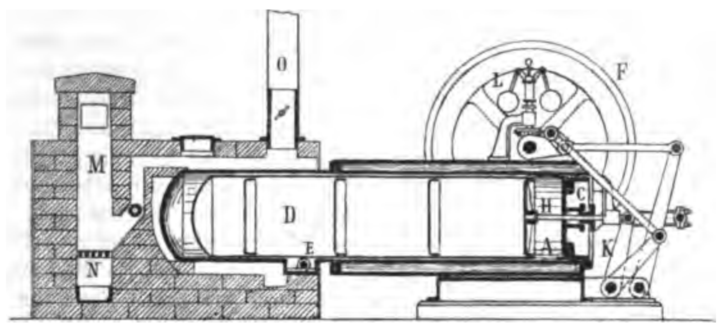
Die Heißluft- und die Gasmaschinen.

Neuerdings hat man sich bestrebt, die Heißluft- und die Gasmaschine als Kraftquellen der Dampfmaschine beizuordnen. Erstere, auch kalorische Maschine genannt, ist eine Erfindung des schwedischen Ingenieurs Ericsson und gründet sich auf die Benutzung der Luft statt des Wasserdampfes, denn wie jeder Körper durch Wärme ausgedehnt wird, so auch die Luft. Wird also Luft in einem geschlossenen Raume erhitzt, so muß sie einen Druck ausüben, folglich einen Kolben forttreiben können. Das Ausdehnungverhältnis ist ein solches, daß sie, von irgend welcher Temperatur um 100° C. höher erhitzt, dadurch um ein reichliches Drittel (¹¹/₃₀) an Volumen zunimmt. Eine Erhitzung um 272° muß demnach mit der Kraft einer Atmosphäre wirken. Die Größe der Kolbenfläche bestimmt dann die Arbeitsleistung. Daraufhin konstruierte Ericsson eine sinnreich erdachte Luftmaschine für Fälle,

front touch - frame -

[illegible]

wo nur 1—2 Pferdekräfte gebraucht werden. Es liegt da ein dicker, vorn offener Cylinder mit dem hintern Teil im Feuerraum, kann also hier glühend gemacht werden. Das an der Vorderseite ersichtliche Hebelwerk schiebt zwei Kolben, einen hinter dem andern, so nach innen, daß der innere Kolben erst voreilt und so zwischen ihm und dem äußern ein luftleerer Raum entsteht, der aber sogleich durch Luft erfüllt wird, welche durch zwei Klappen im äußern Kolben eindringt. Jetzt rückt auch dieser vor, während die Klappen sich dadurch sofort schließen, und drückt die eingefangene Luft durch einen Ventilring des innern Kolbens in den Glühraum. Hier dehnt sie sich sofort aus, drückt die Kolben wieder nach außen und entweicht durch eine Klappe.



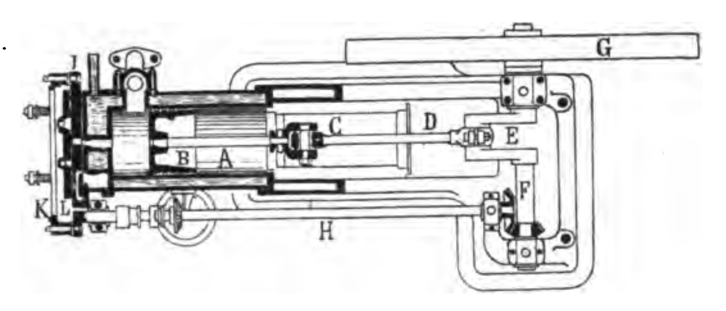
Lehmanns Heißluftmaschine.

Die Kraft wirkt demnach nur beim Ausrücken der Kolben; das Wiedereinrücken und den Fortgang muß das große Schwungrad vermitteln. Solche Maschinen wurden einige Zeit in Buchdruckereien benutzt, sind aber als mangelhaft nicht mehr im Gebrauch. Später jedoch hat der Franzose Laubereau das Prinzip verfolgt, mit jedem Kolbenhube stets dieselbe Luftmenge in einem geschlossenen Cylinder zuerst zu erhitzen und darauf abzukühlen. Der Amerikaner Roper stellte eine offene Maschine, die aber eine geschlossene innere Feuerung hat, her. Es wird möglichst kalte Luft unter den Kolben des Arbeitscylinders gepumpt, wo dieselbe durch direkte Berührung das Feuer unterhält. Mit Verbrennungsgasen gemischt tritt sie nun aus dem Feuerungsraume in den Betriebscylinder und wirkt hier zuerst durch Volldruck, dann aber auch durch Expansion auf den Kolben. Allgemeine Aufnahme haben freilich diese Erfindungen ebenfalls nicht gefunden. Mehr Beifall schon verdient die Luftexpansionsmaschine von Lehmann. Dieselbe hat offene Feuerung und stützt sich insoweit auf Laubereau, als in ihr auch immer dieselbe Luftmenge abwechselnd durch Erhitzung und Abkühlung wirkt. Ist auch die Lehmannsche Heißluftmaschine noch keine ganz vollkommene, so ist dieselbe doch immerhin als die beste unter den zur Zeit bekannten Motoren dieser Art zu bezeichnen. Dieselbe ist horizontal angeordnet und besteht in ihren Hauptteilen, wie die vorstehende Abbildung im vertikalen

Längsdurchschnitt illustriert, aus dem vom Kühlwasser umspülten Arbeitscylinder, dessen Verlängerung, der sogenannte Feuertopf, in den aus Ziegelsteinen aufgebauten Ofen mit Schüttfeuerung M N hineinragt, dem laufenden Hebelzeuge K mit Arbeits- und Verdrängerkolben C und D, Schwungrad F und Schwungrad- resp. Kurbelwelle; Ventile sind nicht vorhanden, was als ein Vorteil zu betrachten ist. In der vordern Hälfte des Arbeitscylinders bewegt sich der Arbeitskolben C, der mit einem Lederstulp A abgedichtet ist; in dem durch den Arbeitscylinder und Feuertopf gebildeten Raume befindet sich der sogenannte Verdrängerkolben D, der etwa $^4/_5$ der freien Länge jenes Raumes einnimmt, und aus einem geschlossenen Cylinder aus Blech mit gewelltem Boden besteht. Seine Stange H geht durch die Mitte des Arbeitskolbens C hindurch und ist mit dem Hebel K verbunden. Dieser Verdränger läuft auf einer Rolle E und läßt um sich herum im Cylinder einen schmalen Raum frei. Die Aufgabe des Verdrängers ist, die im Arbeitscylinder befindliche Luft bald in den Feuertopf hinein, bald gegen den Arbeitskolben zu drängen. Ist der Arbeitskolben in seiner hintersten Stellung, also am weitesten in den Cylinder hineingeschoben, so drängt der Verdränger die im Feuertopfe enthaltene heiße, expansionskräftige Luft hinter den Arbeitskolben, welcher von der Spannkraft nunmehr wieder vorwärts geschoben wird. Hat somit die Luft durch ihre Spannkraft den Arbeitskolben in seine vorderste Stellung gedrängt und ihre Spannkraft abgegeben, so rückt der Verdränger wiederum rasch vor und zwingt die Luft durch den engen Raum an der mit kaltem Wasser umgebenen Cylinderwand hindurch, wo dieselbe sich abkühlt, ihr Volumen verkleinert und somit den Arbeitskolben, der nunmehr ebenfalls zurückgeht, vom Gegendrucke befreit und den Weg freigibt. Die abgekühlte Luft gelangt wieder auf die Seite des Feuertopfes und wird vom zurückkehrenden Verdränger in letztern hineingepreßt, erhitzt sich, geht am heißen Teile des Cylinderumfanges zurück nach dem Arbeitskolben und schiebt diesen wieder vor, und so geht die Sache weiter. Einen noch bessern Erfolg haben die Gasmaschinen als kleinere Kraftspender von $^1/_4$—4 Pferdekraft; sie vermehren sich stetig und empfehlen sich schon dadurch, daß zu ihrem Betriebe nur ein Gashahn erforderlich ist, man sie also augenblicklich in Betrieb setzen und wieder abstellen kann. Auch läßt sich für jede Gasmaschine nötigenfalls ein kleiner Gasapparat aufstellen. Die Gasmaschine wurde zuerst 1860 von Lenoir in Paris hergestellt und dann von Hugon, in Deutschland von Otto und Langen verbessert. Sie ist eigentlich auch eine Luftmaschine, aber die Luft wird in Vermischung von etwa 5 Prozent Leuchtgas eingeführt und dieses Gemisch entzündet. Das Leuchtgas heizt sonach die Luft, die Füllung dehnt sich durch rasche Verpuffung aus und schiebt den Kolben fort. Dasselbe Spiel bringt ihn dann auf der andern Seite wieder zurück. Damit der Cylinder sich nicht nachteilig erhitze, muß er eine äußere Kaltwasserkühlung erhalten. Bei Lenoirs Maschine geschieht die Entzündung durch einen elektrischen Funken; es ist also eine funkengebende Batterie erforderlich, deren Strom die Maschine selbst schließt und unterbricht.

Bei Hugons und Ottos Maschine ist dieses Beiwerk beseitigt und die Entzündung geschieht mittels Gas durch ein Zündloch. Ottos Maschine wirkt einseitig und ist eigentlich eine atmosphärische.

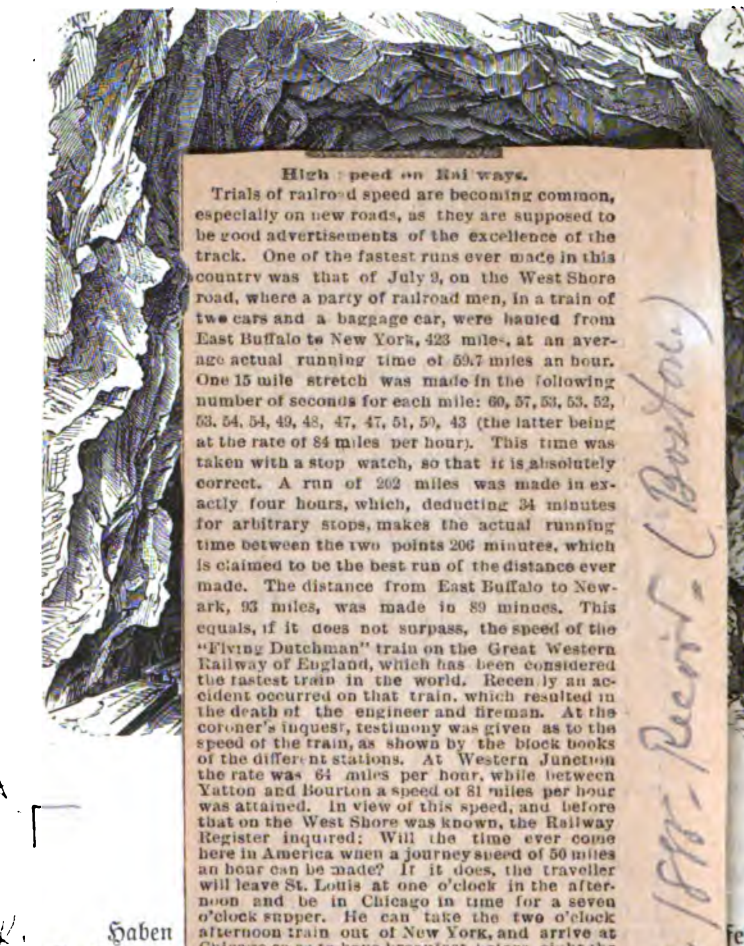
Die beistehende Abbildung zeigt Ottos neuesten Gasmotor im Grundriß mit durchschnittenem Cylinder. Das Äußere dieses Motors ist einer liegenden Dampfmaschine ähnlich, im einzelnen jedoch weicht er etwas ab. Von der Kurbelwelle aus wird durch konische Räder F eine schwache Welle H in Umdrehung versetzt, welche sich zur Seite des Cylinders befindet. Diese Welle hat die Steuerung zu betreiben, d. h. für die richtige Einstellung des Verteilungsschiebers, für die Geschwindigkeitsübertragung auf den Regulator und damit zugleich für L I die korrekte Schließung resp. des Gaszuströmungsventils, wie auch schließlich noch des Ausblaseventils zu sorgen.



Ottos neuester Gasmotor.

A ist der Arbeitscylinder, B der Arbeitskolben, C D die Pleuelstange, E die Kurbel, G das Schwungrad. Bei dem ersten Kolbenschube, der durch Umdrehung des Schwungrades mit der Hand erfolgt, wird ein Gemisch aus Luft und Gas eingesogen, bei dem Rückgange in dem frei bleibenden Cylinderraume komprimiert. Bei dem zweiten Kolbenschube erfolgt alsdann die erste Explosion. Überhaupt braucht diese Maschine stets eine volle Umdrehung zur Herbeischaffung ihres Brennmaterials und dasselbe richtig zu mischen, und erst bei der zweiten Umdrehung erfolgt durch Verbrennung die Kraftwirkung.

In der That findet in dieser Maschine nur eine rasche Verbrennung, nicht aber eine wirkliche Explosion, wie in den früheren Gasmaschinen, statt, indem in dem hinter dem Kolben frei bleibenden Raume ein Teil der Verbrennungsprodukte der vorhergegangenen Arbeitsperioden zurückbleibt, wodurch eine allmähliche Entzündung des neu eingetretenen brennbaren Gemisches aus Leuchtgas und Luft bewirkt wird. Eine solche Gasmaschine braucht pro Pferdekraft und Stunde 1 cbm Gas und ihr Betrieb stellt sich etwas billiger als derjenige der Heißluftmaschine.



High Speed on Railways.

Trials of railroad speed are becoming common, especially on new roads, as they are supposed to be good advertisements of the excellence of the track. One of the fastest runs ever made in this country was that of July 9, on the West Shore road, where a party of railroad men, in a train of two cars and a baggage car, were hauled from East Buffalo to New York, 423 miles, at an average actual running time of 59.7 miles an hour. One 15 mile stretch was made in the following number of seconds for each mile: 60, 57, 53, 53, 52, 53, 54, 54, 49, 48, 47, 47, 51, 50, 43 (the latter being at the rate of 84 miles per hour). This time was taken with a stop watch, so that it is absolutely correct. A run of 202 miles was made in exactly four hours, which, deducting 34 minutes for arbitrary stops, makes the actual running time between the two points 206 minutes, which is claimed to be the best run of the distance ever made. The distance from East Buffalo to Newark, 93 miles, was made in 89 minutes. This equals, if it does not surpass, the speed of the "Flying Dutchman" train on the Great Western Railway of England, which has been considered the fastest train in the world. Recently an accident occurred on that train, which resulted in the death of the engineer and fireman. At the coroner's inquest, testimony was given as to the speed of the train, as shown by the block books of the different stations. At Western Junction the rate was 64 miles per hour, while between Yatton and Bourton a speed of 81 miles per hour was attained. In view of this speed, and before that on the West Shore was known, the Railway Register inquired: Will the time ever come here in America when a journey speed of 50 miles an hour can be made? If it does, the traveller will leave St. Louis at one o'clock in the afternoon and be in Chicago in time for a seven o'clock supper. He can take the two o'clock afternoon train out of New York, and arrive at Chicago so as to have breakfast before eight the following morning.

Of course such speed is possible only to the best of roads and rolling stock, and even then such a trifle as the breaking of a bolt, the crumbling of a stone under a tie, the loosening of a spike or a little unusual pressure of wind on the concave side of a train in rounding a curve, might cause a disaster. And even if accidents are escaped, the wear and tear of such high speed is greater than that of a lower rate. One of the largest railroad capitalists of this city, commenting upon the frequency of these experiments and the tendency of employees and young officials to try them says: "They are not good railroadings, because they are neither necessary nor profitable. They enormously increase the risk of accident, and a company which permits them could not escape heavy damages in case of injuries arising from them. If they advertise the road it is an advertisement of doubtful value, for while it proclaims good material well put together, it announces wild and ambitious operating." This, he thought, would tend to divert travel to more conservative lines, though he admitted that it might also attract some.

Haben … feststehende
Kraftquelle, … uns jetzt
noch übrig, … ßerordent=
lichen Umwa… ransport=
kraft im gesa… ohlstandes
und ihrer G…

Wie erst… derungen
sehen könnten… n bewirkt
haben, oder … sich zur
Leipziger Me… train ver=
gleichen könnt… ent zu dem
Verkäufer au… eilenstiefel

See Edwards: "American Locomotive Engines." Baird: Philadelphia: 1883.

—Special "letter tra[ins]" the North are to be intr[oduced in]stead of night mails bein[g] sent, by fast trains also [...] will be sent by a special at 8:30 P. M., taking no p[...] [mak]ing the journey to Per[th...] quickest railway travelli[ng...] trains will be used for th[...] land, North Wales, and [...] letters being sent by [...] mails, which will also ta[ke...cor]respondence. Fifteen ye[ars...] limited mail from Lond[on...] —occupied sixteen hours [...] teen hours and twenty-f[...] speed of forty-six mile[s...] stoppages. N. Y. Pos[t]

VOL. XXXIV......NO. 10,497.

FRANCE SEEKS A QUARREL

SHE SUSPENDS DIPLOMATIC RELATIONS WITH EGYPT.

THE FRENCH REPRESENTATIVE AT CAIRO ORDERED TO WITHDRAW—MR. GLADSTONE MUCH TROUBLED BY THE EVENT.

CAIRO, April 24.—The French Chargé d'Affaires in Egypt has been instructed by his Government to suspend all official relations with Egypt, and to make the declaration to the

N. Y. Ti[mes]

FASTEST TRAIN[S...]

PHILADELPHIA, A[...]

April 5, a new schedu[le...] be put in operation on [the Pennsyl]vania Railroad Com[pany...] service of the roads [...] tween New-York, [...] Washington, Chicago, [...] will be rearranged. [...ar]rangement the Ne[w...] limited will leave N[...] arriving at Chicago 10 A[...] In addition to the "lim[ited...] Chicago and Cincinnati [...] York at 6 P. M., making [...] hours and 30 minutes. [...] leaving New-York at 8 [...] one hour later, and wi[...] much quicker time. T[...] also leave an hour later.

[...]York to Chicago in 2[.] hours, both of them really taking 26¼ hours. One is run by the Pennsylvania Company, and has a distance of 912 miles to travel; the other by the New-York Central, and about 977 miles, giving speeds of 34.4 and 36.8 miles per hour. These trains are only for those who can afford to pay a high fare, and for accommodation to the general public compare badly with the third-class trains to Glasgow; the American, with a daily distance of nearly 1,900 miles at a speed of 35.5 miles; the English trains running upward of 5,000 miles, at an average speed of nearly 39 miles. As might be expected, the fastest traveling in America is between the two largest towns, New-York and Philadelphia; taking all trains both ways that make the journey at over 40 miles an hour, I find there are 14 by the Pennsylvania, with an average speed of 42.9 miles, and 6 by the Bound Brook route, with an average of 42⅓ miles. Between Liverpool and Manchester, much smaller towns, there are 53 trains daily at a greater speed, 32 by the Manchester, Sheffield, and Lincoln Company, 4 averaging 51⅛ miles, and 28 45⅚ miles, and 20 by the London and Northwestern at a speed of 45 miles. For the above comparisons every train in America that has a speed of over 40 miles an hour for any part of its course has been used; but although the result is so very much in favor of the speed of English trains, not one-half of the latter have been brought into requisition. The fact is, the Americans do not know how slow their trains are, and it is quite time the idea that their 'lightning expresses' and 'thunderbolt trains' eclipse everything else in the world was exploded. Compared with the best trains in America, the English ones exceed them in speed quite 25 per cent., and if one goes for instance to anywhere more than 500 miles from New-York the comparison becomes absurd."

N. Y. Times: Apr. 25/0[.]

motor

wandering

civilization -

vehicles

(kitchen) puffing

N.B. German [illegible] astronomer geographer 1486-1506 (?)
[illegible] - 1524 (?)

("[illegible]")
leader - conveyance of the nations

at the last resort -

[illegible] [illegible] - [illegible] - forwards

Zusammen[illegible] - [illegible]

with many branches

sequested -
[illegible] civic mobilization

[illegible]

[illegible] [[illegible] [illegible]]

steht an der Schwelle der Wahrheit. Wie würden sich Martin Behaim oder Marco Polo, die berühmtesten Reisenden des Mittelalters, wundern, wenn sie jetzt einen langen Eisenbahnzug sehen könnten, wie er im vollen Laufe, zischend, pfeifend und brüllend wie die fabelhafte Seeschlange, sich durch die Ebene und zwischen Berg und Thal dahinwindet, ja unter hohen Bergen hindurch und über Alpenketten hinweg seinen Feuerlauf nimmt, und wenn man ihnen sagte, daß das dämonische, Feuer und Dampf speiende Vorgespann dieses Völkerfahrzeuges sein scheinbares Leben nur dem Gegeneinanderwirken von Feuer und Wasser, oder im letzten Grunde nur der ausdehnenden Kraft der Wärme verdanke.

Alle früheren Verbesserungen des Fuhrwesens und der Reisemittel sinken in nichts zurück vor der Erfindung der Eisenbahnen und Lokomotiven, die den menschlichen Verkehr in Krieg und Frieden aufs erstaunlichste umgestaltet und ihm ein ganz neues Gepräge gegeben haben. Die Eisenbahn befördert die Passagiere in Massen, zu Hunderten und Tausenden auf einmal, und die schnellsten Tagereisen der alten Posten werden fast in ebensoviel Stunden abgemacht. Haben wir doch 1870 in Sturmeseile dem feindseligen Nachbar eine Million Streiter ins Land geworfen und dagegen dessen ganze entwaffnete Feldarmee nach Deutschland versetzt! Aber selbst diese erstaunliche Massenbewegung würde doch nur eine kleine Minderheit bilden im Vergleich zu den Menschenmengen, welche sich im gewöhnlichen täglichen und nächtlichen Verkehr nur im Laufe eines Jahres auf allen Bahnen Deutschlands bewegen. Freilich kann man diese nur auf dem Papier addieren. Man darf aber nur die soviel verzweigte deutsche Eisenbahnkarte betrachten und sich sagen, daß es keine Station gibt, die nicht täglich von mehr oder weniger Zügen befahren wird, um wenigstens eine schwache Idee vom ganzen Verkehr zu bekommen. Es ist dies die große bürgerliche Mobilmachung, der keine Abrüstung folgt. Und wie rasch hat sich das alles gestaltet! Im Jahre 1838 wurde die erste mit Lokomotiven befahrene Bahn, die Leipzig-Dresdener, eröffnet; 1869 hatte Deutschland außer Österreich schon 2336 Meilen Schienenwege, und noch immer wird das Netz sowohl im Innern mit neuen Verbindungslinien durchzogen als nach außen mit den Nachbarländern enger verknüpft, neue Wege über die Alpen, das Erzgebirge u. s. w. werden geschlagen. Aber nicht allein England, Deutschland und Europa überhaupt haben sich in dieser kurzen Periode mit Schienen bedeckt, sondern die Eisenbahn ist bereits ein Weltinstitut geworden. Alle fünf Weltteile haben sich daran beteiligt, am stärksten aber Nordamerika, wo häufig der Schienenweg es ist, der erst neue Ansiedelungen und Städte auf bisher unbenutztem Boden hervorruft. Betrachten wir nun die Entstehung und Entwickelung dieses welthistorischen Verkehrsmittels etwas näher.

Fahrgeleise herzustellen, welche, völlig eben, den Rädern möglichst geringe oder gar keine Hindernisse entgegenstellen, ist eine so uralte Erfindung, daß wir uns in der That wundern müssen, daß man nicht schon lange darauf kam, diese Einrichtung auf den gewöhnlichen Fahrstraßen anzuwenden. Schon

den Völkern des grauen Altertums, den Ägyptern, Indern und Persern, waren solche Geleise längst bekannt, und wir können es nur dem Zeitalter der Barbarei zuschreiben, welches zwischen der Blüte jener damals schon hochgebildeten Völker und der neuern Zeit liegt, wenn, mit vielleicht mancher andern, auch diese Erfindung im Strome der Vergessenheit begraben wurde. Die Inder und Ägypter legten, um die ungeheuren Steinmassen, deren sie sich zu ihren gewaltigen Bauten bedienten, aus den Steinbrüchen zur Baustelle zu bewegen, große behauene Quadersteine dicht aneinander und bildeten so eine Steinbahn, in welche die Räder der Blockwagen nach und nach die Geleise selbst einschnitten, und in den Ruinen von Baalbek und Palmyra finden wir noch die Spuren dieser Steinbahnen, die, den alten Schriftstellern zufolge, selbst durch die Wüste fortgeführt wurden. Auch die Römer hatten ähnliche Steinbahnen, welche sie bei ihren Hauptstraßen anwendeten. Da es sich indessen zeigte, daß durch die unmittelbare Einwirkung der Wagen auf den Stein endlich sogar die Granitquadern, aus denen man diese Bahnen zusammensetzte, brachen, so kamen diese Wege nicht weiter besonders in Aufnahme, und selbst die großen derartigen Römerstraßen verfielen mit dem Falle des Römerreiches. Dem deutschen Bergbau war es indessen vorbehalten, ein neues Straßenbausystem zu begründen. Der Transport der Erze und Steine in den Bergwerken des Harzes wurde nämlich auf Holzbahnen bewirkt, welche aus zwei auf hölzerne Unterlagen gestreckten Balkenreihen bestanden, die, genau gleichlaufend und nach einem regelmäßigen Falle gelegt, den Wagen eine sehr ebene Bahn gaben und dadurch gestatteten, daß ein Pferd eine vierfach größere Last bewältigen konnte als auf den gewöhnlichen Wegen. Die Königin Elisabeth, welche vor 300 Jahren ihr Zepter über England schwang, ließ deutsche Bergleute aus dem Harze nach England kommen, um dort die Stein- und Eisengruben, namentlich aber die daselbst immer mehr in Aufnahme kommenden Steinkohlenwerke zu bearbeiten, und mit diesen Bergleuten kamen auch die Holzbahnen nach England, wo wir sie schon im Jahre 1676 in Newcastle in vollem Gebrauche finden. Der große Bedarf an Holz für diese Bahnen aber und deren verhältnismäßig kurze Dauer — da sie durchschnittlich nicht länger als sechs Jahre aushalten — ließ ihre Verbesserung wünschenswert erscheinen; namentlich war dies der Fall in dem Bergwerke von South-Hetton, wo die Bahnen einen so bedeutenden Fall hatten, daß man die Wagen ohne Pferde die Bahn abwärts laufen ließ und den beladenen Wagen in einem Zuge leerer Wagen ein Gleichgewicht gab, indem man an den beladenen Zug ein Seil befestigte, dasselbe auf der Höhe des Berges um eine Rolle legte, es auf einer zweiten Bahn abwärts zu den entleerten Wagen zog und an diese befestigte.

Ein großer Fortschritt in diesem Systeme fand aber im Jahre 1767 statt. Es waren in der Zeit vorher mehrfach an die Stelle der Holzbahnen die Steinbahnen getreten, aber einerseits war die Fahrt auf denselben den Wagen nicht eben vorteilhaft, anderseits waren die Bahnen sehr rauh; dadurch wurde die Reibung vergrößert und der Nutzeffekt vermindert, auch

Note the Egyptian [illegible] squares one
(7n.)

Pompeii ?
squares of [illegible]
[illegible] one into fashion [illegible] acceptance [illegible]

[illegible] ores

grade

[illegible]

support

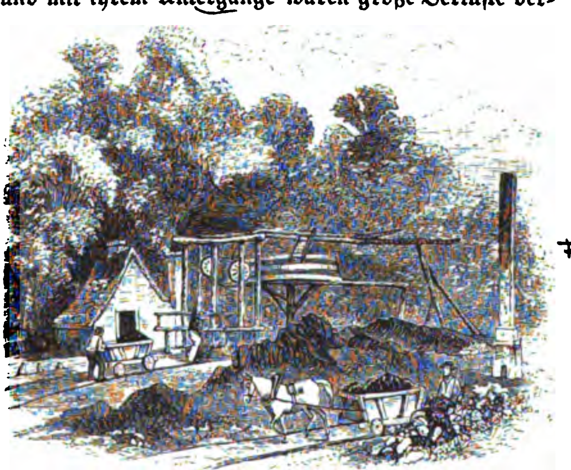
failure

thought about

decided

afforded

nutzten sich diese Bahnen fast ebenso schnell ab wie die Holzbahnen. Um die oben erwähnte Zeit stand das Eisen in einem so niedrigen Preise, daß es nicht die Fabrikationskosten trug und man damit umging, die Hochöfen, in welchen es erzeugt wurde, eingehen zu lassen. Dies ist indessen keine Kleinigkeit, und abgesehen davon, daß auf solche Weise eine große Menge Menschen um ihren Lebensunterhalt kommt, ist es auch mit vielen Kosten und Umständen verknüpft, wenn beim Eintritt andrer Zeiten ein auf solche Weise eingegangenes Eisenwerk wieder in Aufnahme gebracht werden soll. Deshalb faßte Reynolds, einer der Teilnehmer an den Eisenwerken von Colebrookdale in der Grafschaft Shropshire, den Entschluß, jene Werke selbst mit Opfern aufrecht zu erhalten. Sie gehörten zu den größten derartigen Anstalten in England, und mit ihrem Untergange wären große Verluste verknüpft gewesen. Reynolds sann daher auf neue Verwendungsarten des Roh- und Gußeisens.



Das Steinkohlenwerk Broselh in der Grafschaft Salop.

Eine der ersten Anwendungen, für welche man sich entschied, gestattete der Brückenbau. Man beschloß, über den Strom, der bei dem Eisenwerke vorbeifließt, eine gußeiserne Brücke zu bauen, und zwei Schmiedemeister, John Wilkinson und Albert Darley, machten dazu im Jahre 1773 den Entwurf. Die einzelnen Teile der Brücke selbst wurden in den nächstfolgenden Jahren in offenem Sande gegossen, und im Jahre 1779 stand die Brücke vollendet da. Sie bildet einen flachen Bogen von 32 m Spannung und besteht ganz aus Eisen, so daß sogar der Brückenbeleg durch eiserne, 7 cm starke Platten hergestellt ist. Die Breite der Brücke beträgt 6 m, und die Eisenteile wiegen 382 285 kg. Dieser erste gelungene Versuch zog dann bald mehrere nach sich, z. B. die Brücke über den Wear bei Sunderland in der Grafschaft Durham, die 90 m Spannung hat, und deren Bogen nach der Mitte nur 10 m steigt. Ihr Bogenschluß liegt 32 m über der Wasserfläche des Wear, so daß Schiffe mit hohen Masten unter ihr durchgehen. Es finden sich jetzt, sowohl in England als auf dem Kontinente, eine nicht unbedeutende Menge Brücken von Guß- und Schmiedeeisen. Eine andre Anwendung des Gußeisens machte Reynolds, indem er die Eisenbarren etwas länger als gewöhnlich gießen und dieselben dann auf die

Langschwellen der Holzbahnen legen ließ, so daß dieselben das Geleise bildeten. Später, meinte er, wenn die Eisenpreise sich heben würden, könne man diese Geleise wieder aufnehmen und verwerten, da die Abnutzung keineswegs bedeutend sein würde. Diese neuen Schienenwege wurden in und um Colebrookdale vielfach in Anwendung gebracht und zeigten sich höchst vorteilhaft.

Bald bemühte man sich, diese neuen Schienenwege noch zu vervollkommnen, und zwar dadurch, daß man die Geleise in denselben vertiefte, eine Einrichtung, welche aber nach einigen Jahren durch die in den Steinkohlenwerken in der Nähe von Sheffield angewendeten Randschienen verdrängt wurde. Die Schienen dieser Art waren ziemlich dünn, flach und hatten an der äußern Seite einen aufrecht stehenden Rand, um das Ausweichen der Räder vom Geleise zu verhindern. Bald aber fand man es für besser, die Schienen ganz flach zu machen und statt dessen den inneren Kanten der Räder einen Vorsprung zu geben, mit dem sie sich in vorkommenden Fällen gegen die Schienen legen konnten, um stets das Geleise zu halten. Aus den Flachschienen aber wurden nach und nach die Hochschienen, wie wir sie jetzt auf allen unsern Eisenbahnen sehen, und welche den Erfolg hatten, daß ein Pferd bequem die Last ziehen konnte, zu deren Fortschaffung man sonst auf gewöhnlichen Wegen wohl bis zehn Pferde gebraucht hatte, und daß dennoch die Bewegung selber schneller von statten ging. Endlich verließ man das Gußeisen, weil die Schienen oft sprangen und, wenn einmal die äußere harte Oberfläche abgenutzt war und der innere weiche Kern des Gußeisens frei lag, schnell unbrauchbar wurden, und wendete nur Schmiedeeisen an. So weit waren die Eisenbahnen gediehen, aber sie waren noch immer Eigentum der Bergwerke und allenfalls der Fabrikanten. Es wurde zwar durch ihre Anwendung an Zugkraft bedeutend erspart, aber an Schnelligkeit verhältnismäßig nur wenig gewonnen. Dies konnte auch nicht anders sein, solange man noch an die Pferdekraft zur Bewegung der Wagen auf den Eisenbahnen gebunden war, und ebensowenig konnte man daran denken, die Eisenbahnen zur Beförderung von Reisenden anzuwenden und sie aus den Bergwerken auf das flache Land zu ziehen. Man dachte also darauf, die Bewegung mechanisch zu machen. Da man sich nun längere Zeit der Pferdegöpel bedient hatte, die aber eben keine *schnellere* Beförderung gestatten, so hoffte man nun den Dampf anwenden zu können, indem damals die Dampfmaschine schon bedeutend ausgebildet und man namentlich durch Erfindung der Hochdruckdampfmaschine im stande war, mit verhältnismäßig sehr kleinen Maschinen einen sehr bedeutenden Effekt hervorzubringen. Kapitän *Trevithik*, ein geistreicher Ingenieur, der sich in den Bergwerken von Cornwallis ausgebildet hatte, war der erste, welcher den Versuch machte, den Dampf zu Zwecken der Weiterbeförderung zu benutzen, und im Jahre 1802 nahm er in Verbindung mit *Vivian* das erste Patent auf eine Hochdruckdampfmaschine in Gestalt eines Wagens, deren er auch mehrere baute und von denen eine im Jahre 1805 in den Werken von Merthyr-Tydvil im Gebrauche war, welche, einen Lastzug von 200 Zentnern Eisen und

sleepers

ridge + wear (waste)

rimrails

edges

grown

limited

- Göpel (m.) whimsing, gins, whimseys, (horse capstan or [illegible]) transportation.

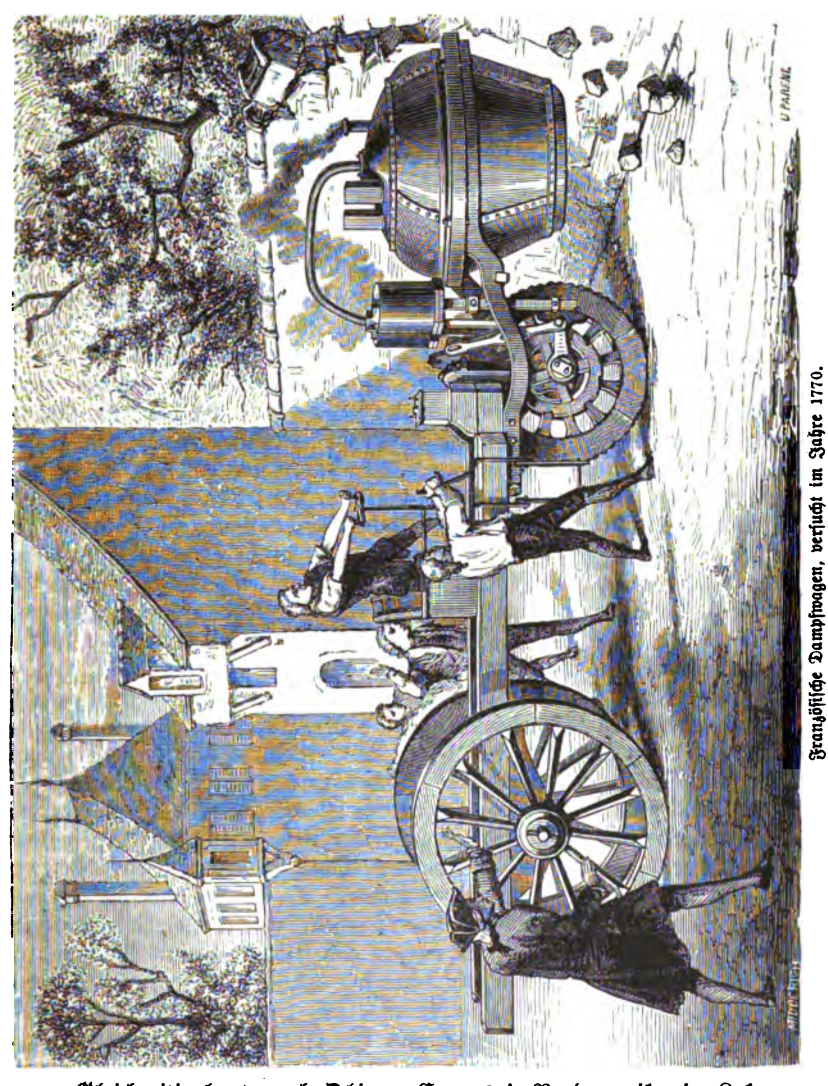
ingenious

translation

15 geo. min = 1 degree, (= about 69 mi.)

15)67.0(4.6
60
70
2
9.2

außerdem mehrere Personen von der Stelle bewegend, die zwei deutsche Meilen betragende Entfernung in $1^3/_4$ Stunden zurücklegte.



Französische Dampfwagen, versucht im Jahre 1770.

Gleichzeitig baute auch Oliver Evans in Nordamerika eine Lokomotive; aber erst dem Engländer George Stephenson war es beschieden, dem Dampfwagen diejenige Einrichtung zu geben, die ihn zum wirklichen mechanischen Last- und Rennpferde macht.

Daß übrigens die Franzosen, die für das Eisenbahnwesen gar nichts geleistet haben, doch den ersten Erfinder unter sich suchen, ist nicht zu verwundern. Ihr Anspruch gründet sich auf einen abenteuerlichen Mechanismus, den 1770 ein gewisser Cugnot im Arsenalhofe zu Paris probierte, und den wir der Kuriosität halber hier abbilden. — Das Original soll sich noch heute in einem Schuppen des Arsenals vorfinden. — George Stephenson ist es wohl wert, daß wir bei seiner Person und seinen Leistungen etwas verweilen, denn er gibt ein glänzendes Beispiel dafür, wie Talent und Geistesgaben auch dem Niedriggebornen nicht nur verliehen sind, sondern durch beharrliche Ausdauer auch entwickelt und zu hoher Ausbildung gebracht werden können.

In ärmlichen Verhältnissen, als Kind eines Maschinenheizers, wurde Georg 1781 in dem Kohlenarbeiter-Dörfchen Wylam bei Newcastle geboren. Seine Kinderjahre verlebte der aufgeweckte Junge, wie es unter solchen Umständen natürlich, unter Mangel und Entbehrungen. Seine Lieblingsbeschäftigung war, kleine Wasserräder, Windmühlen u. dgl. zu schnitzen und die Maschinen, die er in den Bergwerken sah, in Lehm nachzubilden. Frühzeitig mußte er sich nach kleinen Verdiensten umsehen, und so fungierte er der Reihe nach als Hirtenjunge, Feldarbeiter und Hilfsbursche in den Kohlenwerken. In seinem 17. Jahre wurde er Wärter einer Dampfmaschine an einem Kohlenschacht, und diese Beförderung dünkt ihm nichts Geringes, zumal da hiermit sein Lieblingswunsch, sich ganz dem Maschinenwesen widmen zu können, in Erfüllung zu gehen anfing. Unablässig studierte er nun seine Maschine, zerlegte, reinigte sie und setzte sie wieder zusammen, so oft es sich thun ließ. In seinem Streben nach Weiterbildung fühlte er immer drückender, wie hemmend es war, daß er weder lesen, noch schreiben und rechnen konnte, und so ging er als neunzehnjähriger Bursche getrost dreimal wöchentlich zu einem Abendschulhalter, wo er bei eisernem Fleiße, trotz der Mangelhaftigkeit des Unterrichts, reißende Fortschritte machte. Jede freie Stunde und viele Nachtstunden verwandte er auf seine Fortbildung und nicht minder auf unmittelbar lohnende Arbeit. Er war neben seinem Amte Schuhmacher, Leistenschneider und bald auch ein gesuchter Uhrendoktor. Im Jahre 1802 hatte er soviel zusammengespart, daß er sich häuslich einrichten und heiraten konnte. Da saß er denn die Abende an der Seite seiner jungen Frau, baute Modelle, machte Schuhe, reparierte Uhren und mühte sich gleich den meisten sich selbst bildenden Mechanikern mit der Erfindung eines Perpetuum mobile ab. Schon nach drei Jahren verlor er sein geliebtes Weib, aber es blieb ihm sein Söhnchen Robert, und die Sorge um seine Erziehung war ihm ein neuer Sporn zu fernerem rastlosen Schaffen, Versuchen und Sparen. Denn sein Sohn sollte etwas Rechtes werden und von Jugend auf den Unterricht erhalten, dessen Mangel er selbst so drückend gefühlt hatte.

Ein Wendepunkt in Stephensons bescheidenem Lebenslaufe trat ein, als es ihm gelungen war, auf einem Kohlenwerke eine große ungangbar

shed

colliers village

assistant

tender

advancement

lai

cheerfully

tenda

last-cutter

make a home

out of order

[illegible] machine-waterworks (forcepumps) [illegible] inventions [illegible]) repeatedly frequently [illegible]

discussed —

gewordene Wasserhebemaschine wieder herzustellen; er wurde nun vielfach als Ingenieur und Maschinenmeister gesucht und bekam bald alle Hände voll zu thun. Immer mehr erwies er sich als ein kenntnis- und erfindungsreicher, strebsamer Mann. Sein Häuschen enthielt ein wahres Museum von allerhand Modellen und Apparaten. Den Sohn schickte der Vater frühzeitig auf die Akademie nach Newcastle und fühlte sich glücklich, wenn derselbe ihn Sonntags besuchte und Bücher und Zeitschriften mitbrachte, aus denen sich etwas Neues lernen ließ. Da wurde eifrig verhandelt, gezeichnet und modelliert; es war ein förmlicher wechselseitiger Unterricht.



George Stephenson.

Der Vater erwartete von seinem Sohne viel und hat sich nicht getäuscht. Robert Stephenson wurde der berühmteste Ingenieur seiner Zeit, der auch zur weitern Ausbildung der Lokomotive nicht wenig beitrug. Vor der Hand aber war diese erst in ihren Vorläufern vorhanden, einigen mislungenen Versuchen, die von diesem und jenem Ingenieur gemacht worden waren. Stephenson verschaffte sich Kenntnis von der Lage der Dinge, und es wurde ihm klar, daß sich etwas Besseres herstellen lasse. Er stand also nun vor seiner großen Lebensaufgabe und ließ nicht mehr ab, bis er die Lösung gefunden. Er war inzwischen Direktor der großen Kohlenwerke des Lord Ravensworth geworden und spannte auf den dort bereits vorhandenen

Schienenwegen 1814 die erste Lokomotive vor die Kohlenzüge. Aber nicht so rasch stieg das neue Transportmittel aus seinem bergigen Geburtslande für den allgemeinen Gebrauch in die Ebene herab. 1825 legte er eine größere Kohlenbahn zwischen den Städten Stockton und Darlington an und lieferte dazu 5 Dampfwagen aus seiner inzwischen zu Newcastle errichteten Maschinenfabrik. Mit dieser Bahn schließt der erste Abschnitt in der Entstehungsgeschichte der Lokomotive ab; die damaligen Dampfrosse waren noch sehr schwächlich und langsam und gingen kaum rascher als ein wirklicher Gaul im Zuge. Der Kessel hatte damals zwei aufrecht stehende Cylinder, für jedes Räderpaar einen; jede Kolbenstange hatte auf dem Kopfe ein Querstück, und von den vier Enden derselben ging je eine Lenkstange hinunter nach einem Rade, um dasselbe mittels Kurbelzapfens zu drehen. Der einfache Kessel konnte eben nicht Dampf genug entwickeln, um größere Geschwindigkeiten zu erzielen. Stephenson trieb aber seine Erfindung weiter und gab ihr die Vollendung, die sie zur Lokomotive im heutigen Sinne machte. Dies geschah vornehmlich durch Anwendung des jetzt gebräuchlichen Kessels mit einer Menge dünner Sīederöhren und durch die Leitung des abgehenden Dampfes in den Schornstein. So wurde einerseits die Dampfentwickelung, anderseits der Zug des Feuers wesentlich gesteigert.

Das allgemeine Bekannt- und Berühmtwerden Stephensons und seiner Leistungen schreibt sich her von der Eröffnung der ersten 7 Meilen langen Verkehrsbahn, derjenigen, welche die wichtige Hafenstadt Liverpool mit der ebenso bedeutenden Fabrikstadt Manchester verbindet. Dort hatte der ungeheure Verkehr mit Waffen und Rohstoffen ein Transportbedürfnis geschaffen, das mit den alten Mitteln nicht mehr befriedigt werden konnte. Ein Bahnbau wurde beschlossen und durch Stephenson ausgeführt, noch ehe man einig war, welches Transportsystem, ob Pferdebahn, Seilzug mit stehenden Maschinen oder Lokomotiven, zur Anwendung kommen sollte. Stephenson natürlich verwendete sich stark für letztere. Es wurde eine Preisbewerbung für solche ausgeschrieben und für diejenige eine Prämie gesetzt, welche bei einer bestimmten Belastung einen bestimmten Grad von Geschwindigkeit entwickeln würde. Am 6. Oktober 1829 begann der Wettkampf zwischen der von Stephenson Vater und Sohn gestellten Lokomotive „Rakete“ und einigen andern von verschiedenen Technikern gestellten, zum Teil sehr mangelhaften Bewegungsmaschinen. Die „Rakete“ bestand die Probe so glänzend, daß sie dreimal mehr leistete, als verlangt wurde. Hiermit war das System der Eisenbahn, wie wir es jetzt vor Augen haben, glänzend begründet, und diese erste Bahn wurde das Muster aller späteren. G. Stephenson starb reich an Gütern und Ehren am 12. August 1848.

Die Liverpool-Manchester-Eisenbahn wurde also nur in Absicht der Güterbeförderung angelegt. Damals ließ der Vorsitzende des dafür eingesetzten Unterhaus-Ausschusses George Stephenson rufen und wollte, wie man sagt, den Mund recht voll nehmen, indem er fragte, ob man wohl eine Lokomotive bauen könne, die eine deutsche Meile in der Stunde

Gaul – draught horse (nag – old horse)

im gage sein – en train – proceeded
(m.) piston-rod.
connecting-rod –
crankpin – (m.) [Kurbel (f.) = crank]

heating pipe (...)

(l. 4.6) about the ...

prize competition ...

(precedent) ...
common ...

= to speak extravagantly – of. nehmen ...
(+ ... 1433 ...)

durchliefe. Der Ingenieur bejahte. Da that der Frager die verwegene Frage, ob man es vielleicht bis zu zwei Meilen per Stunde bringen könne.



Viadukt in der Sierra nevada in Nordamerika (Central-Pacific-Bahn).

Stephenson bejahte abermals, aber in einem Tone, welcher jede weitere Frage abschnitt. Acht englische Meilen in der Stunde schien nämlich

damals das Höchste; jetzt fährt man mit den Schnellzügen eine englische Meile in der Minute, d. i. 96 km in der Stunde. Diese große Geschwindigkeit ist jedoch nur eine ausnahmsweise vorkommende. In Deutschland ist die nach dem Bahnpolizei-Reglement gestattete größte Fahrgeschwindigkeit 75 km in der Stunde; auf günstigen Strecken geht man aber doch bis zu der oben angegebenen Grenze. Je mehr die Lokomotive an Schnelligkeit gewann, desto mehr Menschen drängten sich zur Benutzung dieser zeitsparenden Einrichtung, und desto stärker wurde das Verhältnis der Personenwagen zu den Güterwagen. Bei dem Wagstücke einer Eisenbahn zwischen Leipzig und Dresden dachte man natürlich, da keine von beiden Städten an einem Seehafen liegt, mehr an Personen als an Güter. Man berechnete ängstlich, wie viel Dresdener Leipzig und wie viel Leipziger Dresden alljährlich besuchten, und ob sich wohl die Zahl derselben durch die Eisenbahn verdreifachen würde. Hätten die Gründer nur einen Blick in einen Zukunftsspiegel werfen können, um den großartigen Personenverkehr und den noch viel weniger geahnten riesenhaften Güterverkehr unsrer Tage vorherzusehen!

Die größte Schwierigkeit, welche die Anwendung des Dampfes in der Lokomotive auf den Eisenbahnen vor ihrer allgemeinen Aufnahme zu überwinden hatte, war ein ebenso allgemeines als verzeihliches Vorurteil. Man glaubte nämlich, daß es allerdings nicht schwer sei, durch eine Dampfmaschine die Räder eines Wagens zu bewegen, war aber im voraus überzeugt, daß diese Räder sich dann stets auf einer Stelle drehen und den Wagen auf den Schienen nicht vorwärts bringen würden, oder daß doch, im Falle dies wirklich gelänge, die geringste Steigung der Bahn diese Bewegung sogleich aufheben müsse. Daher war auch der erste der vor Stephenson aufgetretenen Dampfwagen zwar mit glatten Rädern versehen, er hatte aber noch ein besonderes Zahnrad, welches in eine Zahnstange auf der Bahn griff und so die Bewegung des Wagens bewirken sollte. Jetzt ist man längst über diesen Irrtum hinaus, und es sind verhältnismäßig sehr bedeutende Steigungen, welche durch die Lokomotiven mit glatten Rädern überstiegen werden, indem die Anhaftung der Räder auf den Schienen, sobald man nur den Lokomotiven das gehörige Gewicht gibt, vollkommen hinreicht, um einen dazu im gehörigen Verhältnisse stehenden Zug fortzubewegen. Hat Regen oder Glatteis die Schienen so schlüpfrig gemacht, daß die Anhaftung nicht gehörig wirken kann, so befindet sich auf den Lokomotiven ein Kasten, welcher die Schienen vor den Triebrädern mit Sand bestreut und so die nötige Anhaftung wieder bewerkstelligt.

Am bequemsten und wohlfeilsten lassen sich natürlich Bahnen anlegen in ganz ebenem Flachlande; indes sind doch die Fälle selten, wo auf lange Strecken gar nichts abzugraben oder aufzuschütten wäre, vielmehr hat auch eine anscheinend flache Gegend ihre Senkungen und Steigungen. Betragen diese im Flachland auf 64 m eine Steigung von $^1/_3$ m, oder im Hügelland auf 32 m $^1/_3$ m, so läßt man es dabei bewenden und fährt darüber hin.

[illegible] lative rates of speed on European [illegible] American railroads.

greater proportion –

acceptance

cogwheel – rack – [illegible]
caught worked
considerable grades overcome
adherence – traction

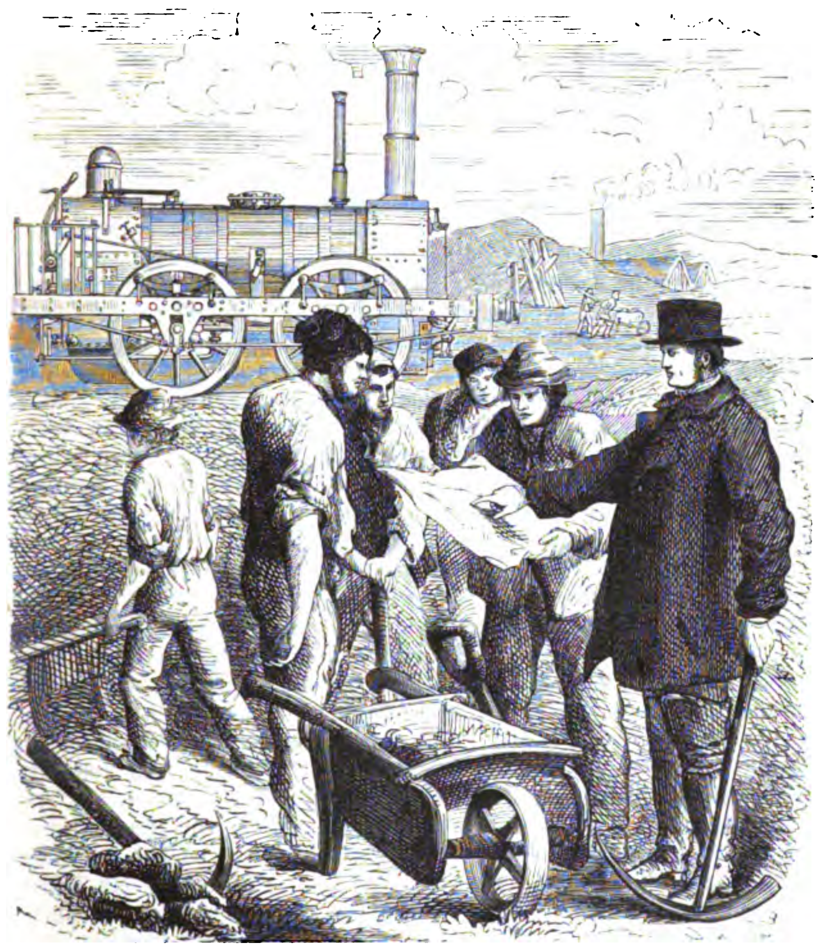
(adhesion)

[illegible]

decisive [illegible]

let it rest so – [illegible]
way –

Die meisten Bahnen zeigen daher auch eine Abwechselung von geraden und geneigten Ebenen, wie die Zeichenpfähle längs derselben ersehen lassen.



Stephenson und seine erste Lokomotive.

In wirklichen Gebirgsbahnen kommen dagegen noch viel stärkere Steigungen vor neben den mannigfachsten Hin- und Herwindungen, durch welche die Bahnen um soviel verlängert werden, daß es möglich wird, die gesamte zu überwindende Steigung darauf zu verteilen.

Als Mittel zur Bewältigung starker Steigungen dienen erstlich große, also kräftige und schwere Lokomotiven, und dann die Verkuppelung der Räder. Je mehr Kraft eine Lokomotive entwickelt und je schwerer sie ist,

desto besser eignet sie sich zum Besteigen schiefer Ebenen; darum werden auch die größten Dampfwagen auf Gebirgsbahnen gefunden. Die Verkuppelung der Räder durch Verbindungsstangen finden sich jetzt an den meisten Lokomotiven, entweder so, daß nur zwei Stangen das eigentliche Triebräderpaar mit dem dahinter befindlichen Paare verbinden, oder es gehen außerdem noch zwei andre Stangen nach zwei vorn befindlichen Rädern. Der bedeutende Nutzen dieser Einrichtung besteht darin, daß sie die Zahl der Triebräder vermehrt, d. h. solcher, welche durch die Maschinenkraft bewegt werden und sich thätig gegen die Schienen stemmen, während die andern Räder sich nur leidend verhalten und nur durch das Fortgehen des Zuges gedreht werden. Die einfache Maschine geht also auf 2, die gekuppelte auf 4 oder 6 Triebrädern, hat also den doppelten oder dreifachen Halt an den Schienen. Auf der Semmeringbahn sind die Kuppelungen noch viel weiter nach hinten fortgesetzt, aber bei den dort vorkommenden scharfen Krümmungen können starre Verbindungsstangen nicht gebraucht werden und man hat sich mit Zahnrädern helfen müssen. Diese Einrichtung läßt dem Zuge Spielraum, sich in Bogen zu bewegen. Einrichtungen, welche ganz außergewöhnliche Kletterpartien ermöglichen, werden wir später noch bei der Mont-Cenisbahn und der Rigibahn kennen lernen.

Bei der Anlage der Liverpool-Manchesterbahn hatten die Ingenieure mit den größten Schwierigkeiten zu kämpfen, die dadurch noch vergrößert wurden, daß man mit der ganzen Arbeit noch nicht vertraut genug war, und daß etwas ganz Neues, Unerhörtes geschaffen werden sollte, an dessen möglicher Vollbringung alle Welt zweifelte. Hier waren Berge zu übersteigen und Thäler zu durchschneiden, aber viel größere Schwierigkeiten bot der Morastboden dar, der sich im nördlichen Teile von England so häufig findet, und der dennoch so fest gemacht werden mußte, wie der gewöhnliche Erdboden, wenn er im stande sein sollte, die Lasten zu tragen, welche auf ihm bewegt werden sollten. Hier wurden Reisigbündel in ungeheurer Zahl in den Morast versenkt und so nach und nach eine Art schwimmendes Fundament mit sehr breiter Grundlage gebildet, auf das man immer höher und höher baute, je tiefer dasselbe, seine weiche Unterlage teils zusammendrückend, teils zur Seite drängend, einsank, bis man endlich dahin gelangte, den Sand und Kies für die Unterlagen der Schienen aufzubringen und so auf dem trüglichen Boden eine feste und dauerhafte Straße zu bilden. In der Bahnlinie lag auch ein schmales, von einem Flusse durchzogenes Thal, das Sankeythal, von zwei Bergabhängen begrenzt, auf welchen herab und hinauf man die Bahn nicht füglich führen konnte. Hier beschloß man, die Bahn in der Höhe der beiden Bergabhänge quer über das Thal zu führen — einen Viadukt anzulegen. Zu diesem Zwecke wurde bis an den Fluß eine Mauer hinabgeführt, dann der Fluß mit einer Bogenstellung überschritten und an der andern Seite wieder eine Mauer bis zur Höhe des gegenüberliegenden Berges aufgeführt. Auf der Krone dieses ganzen Bauwerkes wurde die Eisenbahn angelegt. Zu der

incline

(running rails)(switch rails of a turnout) or switch)

brace | work effectively

a hold-grip

climbing trips excursions

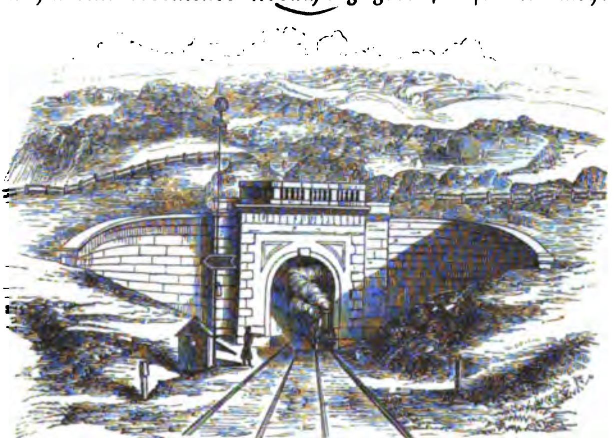
bend in of . . . path

(m.) gravel

(arcades) viaducts

Gründung jedes einzelnen Pfeilers für diese riesenmäßige Brücke wurde ein Rost von 200 Pfählen von 6—9 m Länge erfordert. Endlich mußte dicht vor Liverpool noch ein ganz gehöriger Tunnel durch einen Felsrücken gesprengt werden.

Wird die Eisenbahnlinie durch Hügel oder Höhen unterbrochen, welche nicht allzu hoch sind, so durchschneidet man dieselben mit der Bahn. Solche Einschnitte sind oft sehr tief und erfordern viel Arbeit. Einer der tiefsten ist auf der Leipzig-Dresdener Eisenbahn, wo eine Bodenerhebung von mehr als 32 m Höhe auf wohl eine halbe Wegstunde Länge durchschnitten worden ist. Die Arbeit wird dann um so schwieriger und kostspieliger, wenn kein Felsgrund vorhanden ist, weil man dem Einschnitte nach beiden Seiten hin eine bedeutende Abdachung geben, also viel mehr Erde abgraben muß, als eigentlich die Bahn erfordert. Wird jedoch die Bahnlinie durch Felsen oder Berge unterbrochen, wo ein Einschnitt nicht ausführbar ist, so muß man, wenn eine Verlegung der Bahnlinie unthunlich wird, den Felsen oder Berg durchbrechen, d. h. einen unterirdischen Weg, Tunnel, anlegen. Diese Anlagen werden auf bergmännische Weise betrieben, indem man einen Stollen durch den Berg treibt und ihn entweder im natürlichen Gestein stehen läßt, sofern dies haltbar ist, oder durch eine Grubenmauerung stützt. In diesem Stollen oder Tunnel wird dann die Eisenbahn fortgeführt; wenn aber derselbe sehr lang ist, so muß man ihm durch senkrecht abgeteufte Schächte von oben her Luft zuführen. In Deutschland haben wir auf der Leipzig-Dresdener Eisenbahn den Tunnel von Oberau, welcher 505 m lang ist, auf der Prag-Dresdener Bahn, gegenüber dem prächtig an derselben gelegenen Schlosse Tetschen, den Tunnel durch die Schäferwand, welcher nicht wie der Oberauer Tunnel auf der Leipzig-Dresdener Bahn überwölbt, sondern durch das natürliche Gestein gearbeitet ist. Die zackigen Wände bringen bei Fackelschein eine fast schauerliche Wirkung hervor. Die rheinische Bahn bei Aachen hat fünf Tunnel. Eine traurige Berühmtheit hat der Hauenstein-Tunnel bei Läufelfingen in der Schweiz erhalten. Infolge Brandes und eines dadurch


Box' Tunnel auf der London-Birminghamer Bahn in England.

herbeigeführten Schachteinsturzes im Innern des größtenteils fertigen Tunnels erstickten am 28. Mai 1857 52 Arbeiter, während 11 andre bei den Rettungsversuchen das Leben verloren, mehr als 500 aber betäubt wurden. Der Tunnel ist 2594 m lang, 13 m hoch, 10 m breit und läuft an seiner tiefsten Stelle 250 m unter der Erde.

Wenn endlich die oben erwähnten Aushilfen alle nicht anwendbar sind, so muß man zu den stehenden Dampfmaschinen und schiefen Ebenen, wie eine solche auf der Düsseldorf-Elberfelder Bahn besteht, seine Zuflucht nehmen. Dabei bringt man auf der Höhe des Berges eine große Dampfmaschine an, welche ein Zugseil zieht. Kommt nun der Zug am Fuße des Berges an, so wird das Göpeltau an die Lokomotive befestigt und diese mit dem daran hängenden Zuge von der oben stehenden Dampfmaschine die schiefe Ebene hinaufgezogen. Ebenso muß dann auch der thalwärts gehende Zug am Tau wie ein Kind am Gängelbande wieder hinabgelassen werden, wenn ein sicheres Hinabgehen sich nicht durch bloßes Bremsen erreichen läßt.



Schienenformen.

Neuerdings hat man auch hier und da Einrichtungen, welche den Eisenbahnzügen gestatten, zu Wasser zu gehen, d. h. man nimmt sie, wenn die Bahn durch einen See oder breiten Strom unterbrochen wird, im ganzen oder in einige Teile getrennt, in besonders dazu eingerichtete Dampffähren auf, setzt sie über und läßt sie jenseits weiter gehen. Die größte und interessanteste Anstalt dieser Art befindet sich auf dem Bodensee und verknüpft die Bahnen, die in Lindau und Rorschach ausmünden.

Einen wichtigen und kostspieligen Bestandteil der Eisenbahn bilden die Schienen. Sie werden größtenteils noch aus Schmiedeeisen auf Walzwerken hergestellt, doch beginnt jetzt allmählich der viel dauerhaftere Stahl sich an die Stelle des Eisens zu setzen, so daß wir voraussichtlich in Zukunft gar keine Eisenbahnen mehr, sondern Stahlbahnen haben werden. Schon lange hat man an Stellen, die sehr stark befahren werden, verstählte Schienen, d. h. es ist ihnen beim Walzen eine Stahlplatte oben aufgelegt, und jetzt werden auch ganz stählerne, aus Bessemerstahl, fabriziert.

Als Bettung der Schienen dienen allgemein hölzerne Querschwellen, und kein andres System hat sich noch dagegen geltend machen können, auch nicht die soviel empfohlene Stein- und Eisenbettung. Was Form und Befestigungsart der Schienen anlangt, so gibt es darin eine nicht geringe Mannigfaltigkeit vom Schlichten bis zum sehr Komplizierten; wir wollen nur ein paar Proben hier abbilden lassen mit dem Bemerken, daß oben und unten gewulstete Schienen darauf berechnet sind, gewendet zu werden, nachdem sie auf einer Seite unbrauchbar geworden.

cable
windlass cable

[illegible]

cf. Harlem to Jersey City

terminals
[illegible]

cross [illegible]

[illegible] (m.) [illegible]

multiplication

(bezeichnet ? – distinctively)

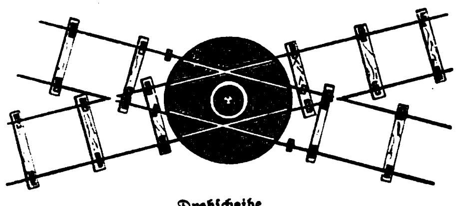
brackets lines

shifting (m)

(p)

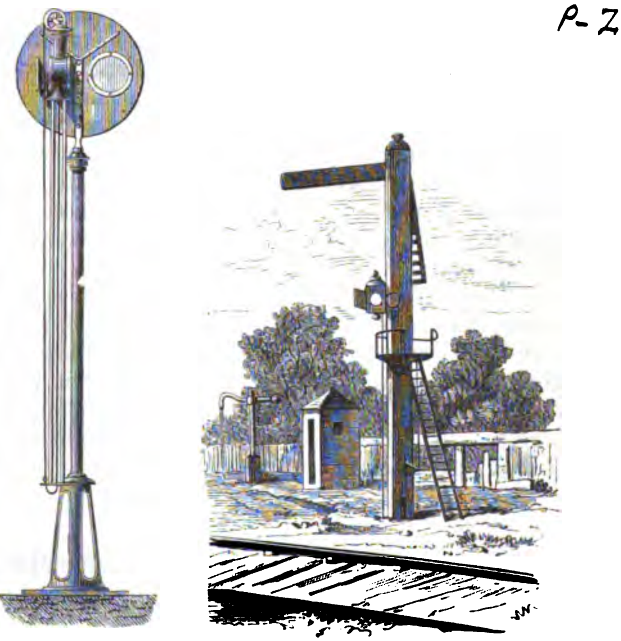
course

Während wir im Freien an der Eisenbahn gewöhnlich zwei Schienenwege finden (eingeleisige Bahnen sind nur Nebenbahnen), bemerken wir auf größeren Bahnhöfen und in deren Nähe ein ganzes Labyrinth von durcheinander laufenden Geleisen, um den Zügen und mehr noch den Lokomotiven jede nötige Richtung geben zu können. Auf Hauptstationen findet sich diese Vervielfachung der Geleise selbst auf größere Strecken nach außen, denn da gibt es beständig ganze Güterzüge zu zerlegen und andre zusammen zu ordnen, die man also ausfahren, nach der verschiedenen Ortsbestimmung der einzelnen Teile absondern und die übrigen bez. sogenannten Trennstücke auf andern Strängen zurückgehen lassen muß.



Drehscheibe.

Zwei Schienenwege können sich sowohl im rechten als unter ziemlich spitzen Winkeln kreuzen; soll aber ein Übergang von dem einen auf den andern stattfinden können, so sind dazu besondere Vorrichtungen nötig, nämlich entweder Weichen oder Drehscheiben. Die Weichen verbinden ein Geleise mit andern Schienen, die in sehr spitzem Winkel von demselben aus- oder auf dasselbe zulaufen. Die beiden Schienen des einen Stranges ragen ein Stück zwischen die andern hinein und sind so weit frei, daß sie sich vermöge ihrer Biegsamkeit durch einen Zughebel verschieben und beliebig an ein oder das andre Schienenpaar anlegen lassen und so den Zug auf den richtigen Weg leiten. Die hier angestellten Leute heißen bekanntlich Weichensteller; sie stehen im Range tief, es kann aber ein Versehen ihrerseits großes Unglück herbeiführen.



Signallaternen, offen und hinter farbigem Glas.

Die Drehscheiben gestatten noch mehr Freiheit des Wechsels. Es sind größere oder kleinere starke Plattformen, die sich in ihrer Lagerung drehen lassen, da sie entweder auf niederen Rädern oder gegossenen Kugeln ruhen, die in einer Rinne laufen. Solche Scheiben dienen zum Wenden der Lokomotiven oder einzelner Wagen; die auf ihnen befestigten Schienenstücke bilden die Ergänzung der äußeren Wege, und es ist leicht begreiflich, daß ein darauf gefahrener Wagen durch richtige Drehung auf alle hier zusammenstoßenden Wege übergesetzt werden, bei halber Kreisdrehung auch umgewendet auf dem Wege zurückgehen kann, auf dem er gekommen.

Der Betrieb der Eisenbahnen ist bekanntlich ein sehr verantwortlicher für alle dabei Beteiligten und erfordert die angestrengteste Aufmerksamkeit bei Tage und noch mehr bei Nacht.

Der Mann, von dessen angestrengtester Achtsamkeit das meiste abhängt, ist der Lokomotivführer. Zur Sicherheit des Betriebes hat man eine große Zahl von Einrichtungen, durch die man sich benachrichtigt, warnt, Notzeichen gibt, Halt zuruft &c., und die entweder an das Gesicht oder Gehör gerichtet sind. Die Elektrizität dient bei den Betriebstelegraphen und außerdem zum Ingangsetzen der elektrischen Glocken, welche sehr viele Bahnen begleiten. Der Lokomotivführer hat seine Dampfpfeife, mit der er Achtung, Bremsen &c. kommandiert. Die Signale lassen sich einteilen in durchgehende und Lokalsignale, anderseits in Tag- und Nachtsignale. Zu den ersten gebraucht man Telegraphen der verschiedensten Gestalt, mit Armen oder Flügeln, Scheiben, allerlei Figuren, Fahnen in verschiedenen Farben &c. Bei Nacht werden entweder dieselben Gegenstände erleuchtet, oder es treten an die Stelle Lichter: weiß, grün, rot, blau, feststehende oder bewegliche.

Wer auf verschiedenen Bahnen gefahren ist, wird schon bemerkt haben, wie viele Verschiedenheiten im deutschen Signalwesen obwalten; aber nicht jeder wird wissen, daß dieser Gegenstand ein nicht dünnes Buch (von Freiherrn von Weber) füllt, aus dem wir ersehen, daß auf den ca. 700 deutschen Eisenbahnen fast hundert Signalbücher, alle grundverschieden, zur Zeit noch in Geltung sind, also in diesem Fache die deutsche Einheit noch kommen soll.

Der Dampfwagen (Lokomotive).

Das Dampfroß ist im Grunde weiter nichts als eine auf Räder gesetzte, sehr kräftig wirkende und auf den engsten Raum zusammengedrängte Hochdruck-Dampfmaschine, in welcher alle bewegenden Teile so geordnet sind, daß sie dem Punkte, wo sie wirken sollen, möglichst nahe liegen, indem sie zugleich ihren Dampferzeuger mit sich führt. Eine solche Lokomotive besteht zunächst aus dem Untergestell und dem Wagen, der einen sehr starken Rahmen bildet, auf und an welchem sich alle Maschinenteile befinden.

Plattform (f.)

traffic . business

setting [illegible]

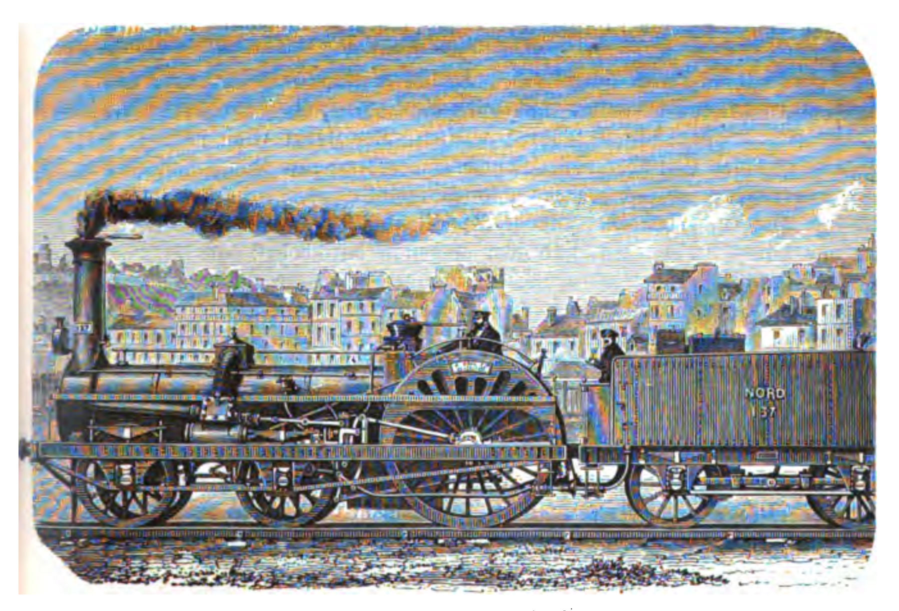
cf. Walt Whitman's poem: "To a Locomotive".
[Two Rivulets: pp. 25-26.]

while
[illegible]

about [illegible]

truckframe

Dieser Wagen hat, je nach der Größe der Lokomotive, entweder vier oder sechs Räder, von denen das eine Paar die eigentlichen Triebräder sind, während die andern nur Laufräder zur Unterstützung der Last bilden, sofern sie nicht in schon erwähnter Weise mit den Triebrädern gekoppelt und dadurch ebenfalls zu aktiven Triebrädern gemacht sind. Die Triebräder sind darum größer, weil von ihrem Durchmesser die Schnelligkeit der Bewegung zum Teil abhängt. Die Maschine ist nämlich so eingerichtet, daß auf ein vollständiges Kolbenspiel (Hin- und Hergang) derselben allemal ein Umlauf der Räder kommt.



Sechsräderige Lokomotive für Schnellzüge samt Tender.

Hat nun ein solches Rad 4 m im Umfange, so wird diese Lokomotive bei einem Kolbenspiele 4 m fortschreiten; beträgt aber der Umfang 6 m, so wird auch die Fortschreitung 6 m betragen, mithin bei gleich raschem Kolbengange die Bewegung der letzteren Lokomotive um ein Drittel schneller sein als die der ersteren. Die Triebräder sind vollkommen cylindrisch, während die Laufräder am Rande etwas abgeschrägt sind und an der nach der Maschine zugekehrten Seite einen vorspringenden Rand haben, wodurch das Abweichen von den Schienen vermieden wird. Alle Räder sind an den Achsen fest, die Achsen aber bewegen sich in besonderen Lagern. Außerdem ist das Gestell durch Verbindungen, Bolzen und Beschläge von Eisenblech unverrückbar fest gemacht.

Auf diesem Gestelle hängt in Federn der Kesselbehälter oder der eigentliche Körper der Maschine. Derselbe besteht, wie die Figur S. 59 zeigt, aus drei vollkommen fest miteinander verbundenen Teilen, dem Feuerraum, dem Kessel und dem Rauchkasten mit dem Schornsteine. Alle bewegenden Teile der Maschine liegen teils unter, teils neben dem Maschinenkörper und dem Rahmen. Den Feuerraum bildet ein viereckiger Kasten mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum mit Sand oder Asche (schlechten Wärmeleitern) ausgefüllt ist, und der unten einen Rost, vorn aber die nötigen, mit Thüren verschlossenen Zug- und Schürlöcher hat. Unterhalb des Rostes befindet sich der Aschenkasten, der nach der vorderen Seite offen ist, um während der Bewegung der Lokomotive die Luft aufzufangen und in einem starken Zuge durch das Feuer zu leiten. Das Feuer selbst befindet sich also bei der Lokomotive nicht **unter** dem Kessel, sondern **hinter** demselben und wird durch den Kessel und das darin befindliche Wasser mittels Röhren geleitet. Der Kessel selbst nämlich bildet einen hohlen Cylinder von Eisenblech, der die ganze Länge zwischen dem Feuerungsraume und dem Rauchkasten ausfüllt und oben mit einem Mantel von Holz umgeben ist. Die beiden Eisenplatten, welche den Kessel vorn und hinten verschließen, sind aber dergestalt durchbohrt, daß die 3—5 cm im Durchmesser haltenden Löcher einander genau gegenüber stehen, und allemal ist zwischen zwei solchen Löchern eine wenig umfangreiche, aber starkwandige Messing- oder Kupferröhre durch die ganze Länge des Kessels gezogen und in den Löchern dampfdicht festgenietet. Da nun in jeder Endplatte sich 60—120 oder mehr solcher Löcher befinden, so durchziehen auch 60—120 ꝛc. der eben erwähnten messingenen Röhren den mit Wasser gefüllten Kessel, und da diese Röhren an beiden Seiten offen sind, so kann das Feuer und die Hitze das Wasser durchströmen und zum Kochen und Verdampfen bringen. Man sieht sogleich, daß durch diese Einrichtung die Heizfläche des Kessels, d. h. diejenigen Teile, wo sich außen Feuer und innen Wasser befindet, eine bedeutend größere Ausdehnung erhält, und daß dadurch die Dampferzeugung um soviel rascher von statten gehen muß. Haben das Feuer und der Rauch aus dem verbrannten Heizmaterial den Weg durch den Kessel gemacht, so gelangen dieselben in die Rauchkammer, von wo aus der Rauch durch den Schornstein von Eisenblech ins Freie geleitet wird. Da öfter auch noch Funken und glühende Asche oder Kohlenteile mit fortgerissen werden, ist oben auf die Mündung des Schornsteins ein Drahtnetz, der Funkenfänger, aufgesetzt, welcher diesen Funken den Ausgang wehrt. Die eben beschriebenen Kessel nennt man **Röhrenkessel**, und sie haben neben dem schon bemerkten noch den weiteren Vorteil, daß sie, wenn gut gemacht, nicht springen, sondern daß höchstens eine innere Röhre platzt, worauf sich das Wasser in dieselbe ergießt und das Feuer auslöscht; die Lokomotive kann dann in wenigen Stunden durch Einziehen einer neuen Röhre wieder in stand gesetzt werden. Um in das Innere des Kessels gelangen zu können, befindet sich oben das sogenannte Fahrloch H,

framework, frame case
firebox

(m.) grating-grates
ash pan   dampers, draft

covering (or "lagging")

in every instance
conducted   Note (m.) Note (g.)

bring to

tubular boilers -

inserting + interior

welches für gewöhnlich dampfdicht geschlossen ist und nur beim Reinigen des Kessels geöffnet wird. Damit indessen die Kraft der Dämpfe im Kessel nie zu groß werden und denselben etwa sprengen könne, befindet sich auf der oberen Seite des Kessels, dicht am Fahrloche, ein Sicherheitsventil G, welches so beschaffen ist, daß, wenn die Kraft der Dämpfe einen gewissen Grad erreicht hat, dieselben das Ventil öffnen und durch dasselbe in die Luft entweichen können. Dies Ventil ist von außen durchaus unzugängig, ein zweites Ventil Z steht unter mittlerer Belastung, kann aber durch den Maschinenwärter geöffnet und geschlossen oder durch einen mittels eines Hebels E zu bewirkenden Druck mehr (nie aber stärker als das Ventil G) belastet werden, je nachdem es die Umstände erfordern, um entweder den überflüssigen Dampf entweichen zu lassen oder dem Dampfe für schnelleres oder ansteigendes Fahren eine möglichst hohe Spannung zu geben, wodurch er kräftiger wirkend wird.

Seitenansicht einer Lokomotive zur Erläuterung der Hauptbestandteile.

Die aus dem siedenden, die Röhren umgebenden Wasser sich bildenden Dämpfe sammeln sich im oberen Raume des Kessels und treten von dort in den hinteren, am Stande des Maschinisten angebrachten Dampfdom, welcher, um die Abkühlung zu verhindern, mit einer doppelten Wand, deren Zwischenraum mit Sand oder Asche gefüllt wird, umgeben ist. Der Raum bildet gleichsam eine Vorratskammer für den erzeugten Dampf, und es hat auch seinen guten Grund, daß dieselbe so in der Höhe angelegt ist und der Dampf nicht auf kürzerem Wege in die Cylinder geleitet wird. Es würde dann zu viel Wasser mit übergerissen werden, indes der nach oben steigende Dampf sich schon mehr entwässert. In dem Dampfdom befindet sich das Ventil, welches die Röhre A verschließt und mittels eines Hebels R von dem Stande des Maschinisten aus geöffnet und geschlossen werden kann.

Ist dasselbe offen, so strömt der Dampf in das Rohr A, welches sich dann vorn in zwei Arme B teilt, die den Dampf in den Kasten D zu dem Steuerschieber O führen, von wo er in die Treibcylinder tritt und dann, nachdem er ausgenutzt ist, in das Blaserohr C gelangt, aus welchem er, um den Zug zu vermehren, durch den Schornstein ausgeblasen wird. Die aus dem Schornsteine tretenden Wolken bestehen demnach größtenteils aus Wasserdampf. Bei jedem Umgange der Triebräder wird zweimal Dampf aus jedem der beiden Cylinder gestoßen. Beim Anfange der Fahrt kann man diese einzelnen Puffe noch deutlich unterscheiden, bis sie bei größerer Geschwindigkeit in ein fortgesetztes Geräusch verschwimmen. Der überflüssige Dampf kann nun durch Öffnung verschiedener Ventile entweder bei Z oder aus dem Blaserohre C ausgelassen werden. Gewöhnlich leitet man ihn durch ein Rohr nach dem Tender, d. h. dem hinter der Lokomotive hergehenden Vorratswagen für Wasser und Kohlen. Hier läßt man ihn in den Wasserkasten fahren, wo er ein eigentümliches schnarrendes und polterndes Geräusch erzeugt, sich aber bald zur Ruhe begibt und zu Wasser wird. Der Wasservorrat wird dadurch mehr oder weniger erwärmt, also nicht völlig kalt in den Dampfkessel gepumpt, und die auf den überflüssigen Dampf verwendete Wärme findet somit immer noch ihre Anwendung.

Die wirkenden Teile an der Lokomotive sind die nämlichen wie an jeder Hochdruckmaschine, und ist darüber alles Nötige schon gesagt worden. Aber hier hat der Dampfkessel zwei Cylinder zu speisen, weil es um des gleichförmigen Ganges willen nötig ist, daß das Triebradsystem von zwei Kurbeln gedreht werde. Eine Kurbel hat auf ihrem Gange zwei sogenannte tote Punkte, wo sie gar keine Bewegung überträgt, und deshalb eben ist bei stehenden Maschinen das Schwungrad da. Zwei Kurbeln aber können einander über die toten Punkte hinweghelfen, wenn sie unter einem rechten Winkel zu einander gestellt sind. Die toten Punkte sind die Augenblicke, wo Kolben- und Lenkstange in einer geraden Linie liegen; in denselben Momenten befindet sich aber der Kurbelzapfen des andern Rades gerade zu unterst oder zu oberst im Kreise, wo die Kraftübertragung am stärksten ist. An den älteren Lokomotiven lagen die Dampfcylinder unter dem Kessel und die Treibstangen griffen die Achse der Triebräder in ihrer Mitte an. Die Welle war eine sogenannte doppelt gekröpfte, und die so hergestellten, in der Welle selbst liegenden Kurbeln waren auch um einen rechten Winkel oder Viertelkreis gegeneinander gestellt. Neuerdings hat man diese Anordnung ganz verlassen und die Cylinder an beide Seiten verlegt, so daß die Treibstangen die Räder direkt angreifen können. Somit bleibt die Welle ungebrochen und solid, während die Kröpfung sie doch immer schwächte und ein solches Stück auch sehr schwer gut zu schmieden war. Man hat auch jetzt diese Teile besser vor Augen und kann Beschädigungen leichter sehen und ausbessern.

Der Lokomotivführer kann seine Maschine beliebig schneller oder langsamer, vor- oder rückwärts gehen lassen. Der Grad der Geschwindigkeit

distri[illegible]

blast-pipe

journey [illegible]

cistern-tank [illegible]

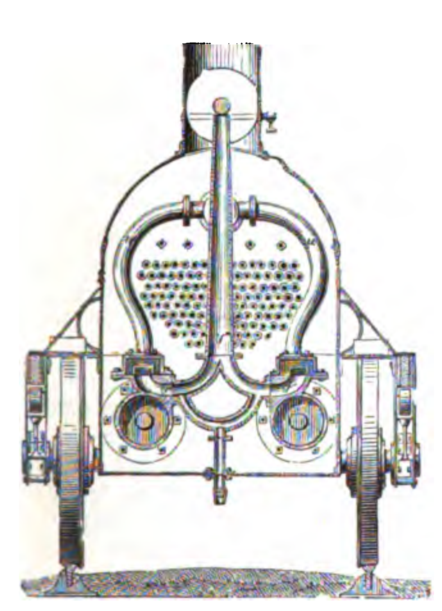
applie[illegible]

cranks
transmits ([illegible])
([illegible] piston rod [illegible] connecting-rods)
guide-rod [illegible]
([illegible] crank [illegible]

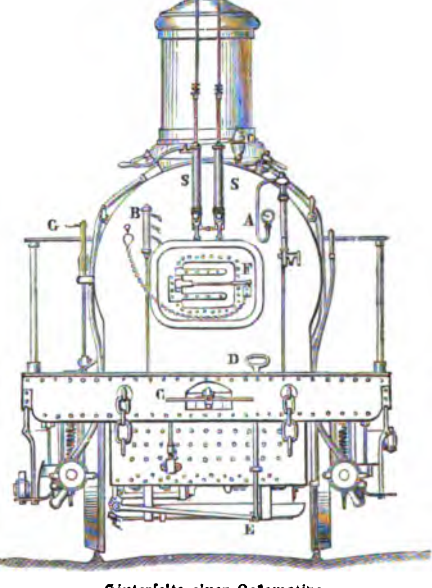
([illegible]) [illegible] crank [illegible]
shaft
connecting-rod -

crooking [illegible]

hängt von der Menge Dampf ab, die in den Cylinder eingelassen wird, und diese Menge läßt sich bestimmen durch engere oder weitere Öffnung des Ventils oder der Klappe im Dampfdom. Das Eintrittsrohr für den Dampf ist hier nämlich durch eine runde Platte p geschlossen, welche in der abgebildeten Lokomotive auf S. 59 gesondert für sich in der Vorderansicht zu sehen ist; diese ist mit keilförmigen Ausschnitten durchbrochen. An dieser Platte steht dicht anliegend eine zweite ganz ähnlich geformte Scheibe, die um einen Mittelstift drehbar ist und durch eine Stange vom Stande des Führers aus regiert werden kann.



Vorderseite einer Lokomotive.



Hinterseite einer Lokomotive.

Diese Vorrichtung wird Regulator genannt. Wenn die Ausschnitte beider Platten sich völlig decken, so hat der Dampf den freiesten Eintritt; beim Umdrehen verengern sich die Öffnungen mehr und mehr und schließen sich endlich ganz. Dann hört die Maschine zu arbeiten auf, aber der Zug geht noch ein gutes Stück weiter vermöge der einmal erlangten Geschwindigkeit. — Soll rückwärts gefahren werden, so steuert der Führer die Maschine um, d. h. er verschiebt mittels einer langen Stange durch den Hebel d die sogenannte Kulisse a b c und bewirkt dadurch im Verhältnis zur Kolbenbewegung eine umgekehrte Schieberbewegung, wodurch der Dampf nunmehr an der Seite einströmt, von wo er vorher auspuffte, und umgekehrt, so daß die Maschine auch eine umgekehrte Bewegung annehmen muß. Auch läßt sich durch dieselbe Stange bewirken, daß die Schieber ganz still stehen

und also auch die Maschine. Es trägt nämlich die Triebwelle für jeden Cylinder zwei Wattsche Exzentriks, die einander entgegengesetzt stehen, so daß also die beiden Exzenterstangen in entgegengesetzten Richtungen wirken. Diese Exzenterstangen sind mit der erwähnten Kulisse, einem bogenförmigen Führungsstücke, verbunden, worin das Ende der Schieberstange gleitet. Wenn nun diese Kulisse nach oben oder unten geschoben wird, so kommt das eine oder andre Exzenter mit Bezug auf den Dampfschieber zur Geltung. In der Mittelstellung wirken beide Exzenter ganz gleichmäßig auf den Schieber und daher steht alsdann derselbe still.

Außer diesen Hauptbewegungsteilen finden sich noch Vorrichtungen an der Lokomotive, um den Kessel mit Wasser zu versorgen, wenn derselbe zu leer ist, was man auf S. 61 an besonderen Dampf- und Wasserstandszeigern A und B sieht. Auch eine Signalpfeife l, welche durch den Dampf angeblasen wird, befindet sich an der Lokomotive. In der Hinteransicht der Lokomotive sind S S die beiden Belastungsfedern der Sicherheitsventile.

Das Wasser zur Speisung des Dampfkessels und das Brennmaterial zur Heizung desselben wird auf einem besondern, mit der Lokomotive verbundenen Wagen, dem Tender, mitgeführt. Derselbe bildet einen hohlen Blechkasten, der mit Wasser gefüllt ist, und von welchem aus unterhalb Röhren zu den Pumpen führen, die das Wasser nach Bedarf in den Kessel treiben, sobald sie von dem Lokomotivführer eingerückt werden, wo dann die Bewegung der Kolben dieser Pumpen von der Mittelachse aus bewirkt wird.

Unmittelbar hinter dem Tender folgen nun, wenn ein Dampfzug abgehen soll, ein oder mehrere Güterwagen, dann die Personenwagen und endlich wieder Güterwagen. Alle einzelnen Wagen sind durch Ketten fest, aber mit geringem Spielraume, miteinander verbunden, und damit beim Anhalten, wo die Wagen aneinander stoßen, diese Stöße nicht zu heftig werden, befinden sich an den Enden der Wagen Polster (die Puffer), welche auf starke Federn oder eingeschlossene Luft wirken und so den Stoß auffangen und mildern müssen.

Starke Krümmungen der Bahn sind begreiflich ebenso wie starke Steigungen unerwünscht, da die Gefahr, herausgeschleudert zu werden, um so größer, je kleiner der Halbmesser der Krümmung ist. Doch hat man auch hierin in neuester Zeit vieles ermöglicht, was früher unthunlich schien. Man hilft sich hierbei teils durch Höherlegen des äußern Schienenstranges, teils durch verschiedene Vorrichtungen an den Achsen der Lokomotive, wodurch diese leichter aus einer Richtung in die andre überzugehen vermögen. Während man vor vierzig Jahren noch jede Krümmung zu vermeiden suchte, legt man dieselben jetzt sogar in Brücken, wenn es nicht anders geht.

In der Kindheit des Eisenbahnbaues fand man Steigungen von mehr als 1 auf 200 nicht zulässig, und nur allmählich entschloß man sich zu dem Verhältnis von 1 auf 100, wogegen wir jetzt im Württembergischen und auf der Semmeringbahn Strecken besitzen, auf denen eine Steigung von 1 auf 40 überwunden wird.

as needed

radius

apprenticeship

need

(cf. 4 pounds

= "horse power"

Wie man sieht, hat also auch das Eisenbahnwesen seine Lehrzeit gehabt, und es sind viele Millionen Lehrgeld bezahlt worden, die alle erspart werden konnten, wenn man das Werk gleich anfangs mit unsern jetzigen Erfahrungen ausgerüstet hätte angreifen können. Doch es gibt keinen Mann, der nicht erst ein Kind gewesen wäre!

Bis gegen 1840 blieb Deutschland mit den benötigten Lokomotiven von England abhängig, lernte dann aber bald selbst für seinen Bedarf sorgen und liefert jetzt sogar zahlreiche solche Werke bis in das fernste Ausland, da überall die deutsche Arbeit im besten Rufe steht. Die großartigste Werkstatt dafür ist die von Borsig in Berlin, der schon vor einigen Jahren da zweite Tausend gelieferter Dampfwagen erfüllt hatte. Andre deutsche Lokomotivbau-Anstalten stehen vielleicht jener wohl an Umfang, aber nicht in der Güte ihrer Leistungen nach.

In bezug auf die Leistungsfähigkeit der Dampfmaschinen überhaupt ist die nähere Betrachtung des dafür eingeführten Maßes „Pferdekraft" nicht ohne Interesse.

Die Leistung eines lebenden Pferdes, welches mit $0{,}9$ m pro Sekunde mittlerer Geschwindigkeit im Göpel geht und dabei eine mittlere Zugkraft von 45 kg ausübt, beträgt demnach pro Sekunde $0{,}9 \times 45 = 40{,}5$ Meterkilogramm per Sekunde, dagegen ist die Kraftleistung eines Dampfpferdes auf 75 Meterkilogramm pro Sekunde festgesetzt. Bei den Angaben der Dampfmaschinenleistungen werden aber dreierlei Maßgrößen, nämlich indizierte Pferdekräfte, effektive Pferdekräfte und nominelle Pferdekräfte, unterschieden. Mit den indizierten Pferdekräften bezeichnet man die vom Dampfe an den Kolben abgegebene Arbeit, welche auf besondere Weise mit einem Instrumente, dem Indikator, gemessen wird, mit effektiven Pferdekräften bezeichnet man die Nutzleistung der Maschine, welche von deren Kurbelwelle abgegeben wird, und welche demnach um die durch die Reibung der Maschinenteile verloren gehende Arbeit kleiner ist als die indizierten Pferdestärken. Der Ausdruck Nominalpferdekraft, der besonders in England üblich ist, bezieht sich auf die Abschätzung der Dampfmaschinenleistung mit Annahme der geringen Geschwindigkeit und des niedrigen Dampfdruckes, womit die Mollschen Maschinen betrieben wurden, und es sind daher die Kraftleistungen der heutigen Dampfmaschinen in Wahrheit 3—4 mal und vielleicht öfter selbst 5—6 mal größer als die Anzahl der angegebenen Nominalpferdestärken. Die Kraftleistung der Lokomotiven wird bei uns nach Tonnenkilometern gemessen, und es entspricht ein Tonnenkilometer der Leistung von 1000 kg auf 1000 m Distanz. In den statistischen Nachrichten der preußischen Eisenbahnen ist die mittlere Leistungsfähigkeit einer Lokomotive zu 184 Pferdestärken angegeben, und es fördert eine solche Maschine durchschnittlich jährlich eine Bruttolast von $17{,}148$ Tonnenkilometer.



Berglokomotive der Rigibahn.

Die Gebirgs- und Tunnel-Eisenbahnen.

In den großartigen Eisenbahnbauten hat die Ingenieurkunst Werke ausgeführt, die sich mit den Riesenbauten der Vorzeit wohl messen können, jedoch ist dabei in Betracht zu ziehen, daß der Neuzeit Hilfsmittel zu Gebote stehen, wie sie die Vorzeit nicht besaß; die Zeitperioden, in denen solche Bauten heutzutage vollendet werden, sind daher viel kürzere geworden, und die Menschenkraft wird dabei nach Möglichkeit geschont, während das Altertum seine in ihrer Großartigkeit noch immer bewundernswerten Werke nur in Menschenaltern und mit einer schrecklichen Verwüstung von Menschenleben zu schaffen vermochte. Wie rasch und sparsam arbeitet dagegen die Ingenieurkunst unsrer Zeit! Wie bringt sie immer neue Hilfsmittel hervor, um das unmöglich Scheinende möglich zu machen! Wie schont sie die Menschenkraft und macht dafür die Kraft der Elemente sich dienstbar! Mit welcher Fürsorge

almost all the way the [illegible] [illegible] [illegible] along
steep precipices. [illegible]

take into [illegible]

hindering

rising [illegible] [illegible]

[illegible] drawn
in front, before,

circuit

trouble

digression [illegible]

29 to 31 minutes [illegible]

entire [illegible]

weiß sie alles abzuwägen, alle Hindernisse zu beseitigen und alle Schwierigkeiten, welche hemmend ihr in den Weg treten, zu überwinden!

Von den bemerkenswerten und zum Teil wunderbar großartigen Bauwerken, welche zur Förderung des Eisenbahnverkehrs unternommen und siegreich ausgeführt wurden, haben wir zu nennen die Semmeringbahn, die Rigibahn, die Mont Cenisbahn und den Mont Cenistunnel, die Brennerbahn, die Pacificbahn und den St. Gotthardstunnel.

Die kleine Rigibahn, deren bergaufsteigende Lokomotive unser Bild zeigt, ist gegenüber den andern genannten großen Werken des Eisenbahnbaues freilich nur unbedeutend, immerhin hat sie aber den Charakter einer kühnangelegten Gebirgsbahn und ist daher in der Aufzählung mit aufzuführen. Die Höhe des steil sich erhebenden Rigi ist mit ihren 1800 m nicht gering und der Aufstieg mit einer Lokomotive keine Kleinigkeit.

Um die steile Höhe zu erklimmen, deren Neigung stellenweise volle 25°, also 1 zu 4 beträgt, wurde zwischen den beiden gewöhnlichen Eisenbahnschienen eine dritte gezahnte Schiene angebracht, wie unser Bild zeigt. Die kleine Lokomotive fördert auf einmal nur höchstens zwei Personenwagen, und zwar geht die Maschine beim Auf- und Abgange vorweg und fährt so langsam, daß sie jeden Augenblick anhalten kann. Die Abfahrts- und oberste Station haben eine Höhendifferenz von 1110 m, und die Bahn geht mit nur geringem Umschweif auf ihr Ziel los, denn die ganze Bahnlänge beträgt nur 5240 m.

Ein viel umfassenderes und mit viel mehr Umständen verknüpftes Unternehmen war der Bau der großen Alpenbahn in Österreich, welche als Semmeringbahn unsern Lesern so wohl bekannt ist, daß wir von einem Eingehen auf eine Beschreibung des Baues und Charakters derselben hier absehen.

Epochemachend für den modernen Eisenbahnbau war die Herstellung des Mont Cenistunnels, denn hier galt es, eine Felswand von fast zwei deutschen Meilen Dicke zu durchbohren. Das Gelingen des kühnen, großartigen Werkes war ein neuer Sieg des Menschen über die Naturgewalten und ein Sporn zu weiteren Unternehmungen in der Förderung des internationalen Verkehrs.

Wir wollen daher das große Werk in seinem vollständigen Verlaufe unsern Lesern in Kürze vorführen.

Der Plan zu diesem Werke wurde bereits im Jahre 1856 entworfen. Allein er erforderte Vorarbeiten, die erst den energischen Beginn der Ausführung mit dem Jahre 1862 möglich machten.

Diese Vorarbeiten waren so schwierig, wie der Plan kühn war.

Es handelte sich zunächst um die Aufgabe, die Linie genau zu bestimmen, in welcher die Bohrung stattfinden sollte, damit man von beiden Seiten des Gebirges die Arbeit beginnen könne und doch sicher sei, daß beide Tunnel in einem Punkte zusammentreffen. Hierzu war es nötig, einen Standpunkt oben auf der Höhe des Gebirges aufzufinden und daselbst ein Merkzeichen aufzurichten, das von beiden Endpunkten aus gesehen werden konnte. Solch

ein Punkt ist aber auf dem Mont Cenis nicht vorhanden. Es mußte demnach eine ganze Reihe von Signalen aufgerichtet und die gerade Linie streckenweise aufgesucht werden, welche die beiden projektierten Anfangspunkte des Tunnels trifft. Außerdem mußten die Unterschiede der Höhen aller Signalpunkte mit Genauigkeit bestimmt werden, damit vermieden wurde, daß etwa der Tunnel der einen Seite höher gebohrt werde als der der andern.

Eine Unsicherheit der Meßinstrumente, welche die Bohrungen auf beiden Seiten nur anfangs um ein Haar von der geraden Linie, sei es in der Höhe, sei es seitwärts, abweichen läßt, mußte dahin führen, daß die Bohrungen in der Mitte der Strecke einander weit vorübergehen würden, statt sich direkt zu begegnen. Nach mühevollen genauen Vorbereitungen der Instrumente und Aufstellung der Signale auf der Oberfläche des Mont Cenis im Jahre 1857 gelangte man durch fleißige Messungen und genaue Korrekturen im Verlaufe eines Jahres dahin, die gesuchte Linie festzustellen, und es ergab sich erstens, daß die Länge des Tunnels durch den Felsen 12200 m, circa $1\,^2/_3$ deutsche Meilen, beträgt, und daß zweitens der eine Anfangspunkt des Tunnels auf der italienischen Seite etwa 260 m höher liegt als der andre auf der französischen Seite.

Am einfachsten wäre es freilich nun gewesen, den Tunnel in gerader Linie, aufsteigend von dem französischen zum italienischen Endpunkte zu bauen, allein da die Arbeit gleichzeitig von beiden Endpunkten begonnen werden sollte, mußte man darauf Bedacht nehmen, auch auf der italienischen Seite einen Abfluß des Wassers, das beim Bau gebraucht wird, und auf das man auch vielleicht bei der Bohrung stoßen konnte, zu ermöglichen. Es wurde daher bestimmt, den Tunnel in der Mitte so hoch zu legen, daß er nach beiden Seiten hin einen Abfall hat. Hiernach mußte denn auch der Tunnel eine ähnliche Steigung von der italienischen Seite aus bis zur Mitte erhalten und dann in einem stärkern Fall abwärts nach der französischen Seite hinführen.

Daß die kleinen Bergdörfchen an beiden Seiten des zu beginnenden Baues zu großen Werkstätten des gewaltigen Unternehmens umgestaltet werden mußten, werden sich unsre Leser wohl denken. Wir übergehen die Beschreibung aller der Vorarbeiten, die nötig waren, um in der Mitte der Alpenwildnis eine Stätte der Zivilisation zu schaffen. Nur die Bohrmaschinen und dann die Art ihrer Wirksamkeit wollen wir unsern Lesern vorführen, insoweit sie einen ungeheuern Fortschritt in der Geschichte unsres großartigen Maschinenwesens bekunden.

Der Gedanke, eine Strecke von fast zwei deutschen Meilen durch die Felsmassen zu bohren, stand nun vor der großartigeren Aufgabe, von beiden Seiten des beabsichtigten Tunnels ein Maschinenwerk herzustellen, dessen Kraft fortgeleitet werden kann, damit sie auch wirke, wenn die Arbeitsstätte fortschreitend sich immer mehr und mehr in die Felswand hinein entfernt. Das Maschinenwerk an den Endpunkten mußte eine Triebkraft erhalten, die auch wirkt, wenn die Bohrung sich dem Mittelpunkte des Tunnels nähert.

[illegible]

[illegible] discharge [illegible]

[illegible]

is established

proceed

whole, belts & links

mit andern Worten: es galt, eine Triebkraft zu schaffen die eine Bohrmaschine in Thätigkeit setzt, welche fortarbeiten soll, auch wenn sie fast eine deutsche Meile entfernt von der Triebkraft mitten im Felsgebirge steckt.

Den Wasserdampf in Röhren so weit zu leiten, ist unmöglich, weil er in größerer Entfernung vom Kessel sich abkühlt und wieder in Wasser verwandelt wird. Eine Dampfmaschine mit hinein in die Tiefe des Tunnels wandern zu lassen, war unthunlich, weil Rauch und Dampf innerhalb des von der freien Luft so fernen Raumes erzeugen, die Arbeiter ersticken und ersäufen hieße. Durch Räderwerk, Riemen und Kettenglieder auf so große Ferne hinwirken wollen, ist ein abenteuerlicher Gedanke, den nur Unkundige fassen, die keinen Begriff von den Hindernissen der Reibung haben, welche jede Übertragung von Kraftwirkungen in die Ferne verursacht. Wasser in einem Kanal bis zu so weiter Entfernung zu leiten, um dort die Bohrmaschinen damit zu treiben, ließ sich eher denken, wenn man nur die erforderliche große Wassermasse von außerordentlicher Höhe in solchen Tunnel hinein und wieder hinauszuschaffen wüßte, ohne ungeheuern Kraft-, Zeit- und Kostenaufwand. Man mußte zu einer andern Kraftquelle seine Zuflucht nehmen, zu der Kraft zusammengepreßter (komprimierter) Luft, die man ohne großen Verlust in Röhren fortleiten und auf sehr entfernten Punkten wirken lassen kann.

Solche Werke herzustellen, welche am Eingange beider Seiten des Tunnels die Luft in Röhren komprimieren und durch die zusammengepreßte Luft in beliebig weiter Ferne auf die in den Felsen immer weiter vorrückende Bohrmaschine wirken, das war die Hauptaufgabe, aber keineswegs der schwierigste Teil derselben. Die Bohrmaschine mußte lange Stahlbolzen in den Fels eintreiben, diese bei jedem Schlage in Drehung versetzen und einen Wasserstrahl zur Abkühlung der Spitze des Bohrers einspritzen; die Maschine mußte in den gesprengten Tunnel immer weiter mitwandern, sie mußte sicher und schnell arbeiten, damit man dann in die gebohrten Löcher Pulver bringen konnte, das angezündet die Sprengung der Felsmassen verursachte, — solch eine Maschine zu konstruieren und bis zur erwünschten Vollkommenheit zu bringen, das ist das Werk, welches am Mont Cenistunnel gelungen ist und dem man es zu verdanken hat, daß unsre Zeit Arbeiten vollendet, die sonst wie abenteuerliche Märchen geklungen haben. Selbstverständlich werden während der Sprengung durch Pulver die Bohrmaschine wie alle an ihr beschäftigten Arbeiter entfernt. Nun aber verrichtet die komprimierte Luft eine wichtige Nebenarbeit, indem sie den Pulverdampf vertreibt, den Tunnelraum reinigt und mit frischer Luft versorgt, damit die Thätigkeit der Bohrmaschine und der sie leitenden Arbeiter aufs neue beginnen kann.

Solcher Maschinen arbeiteten stets acht bis zehn zugleich nebeneinander auf dem mächtigen Transportwagen. Die zur Arbeit verwendete Luft wurde in großartigen eisernen Behältern auf etwa 6 Atmosphären Druck zusammengepreßt und so durch Eisenrohre nach der Arbeitsstelle geleitet. Die Kompression geschah auf französischer Seite durch Kolbenmaschinen, also Pumpen, die von sechs Wasserrädern getrieben wurden; auf der andern

Seite hatte man es bequemer: man sammelte die herabströmenden Bergwässer, ließ sie in senkrechten Röhren niedersinken und in eben solchen wieder aufsteigen. Das aufsteigende Wasser drängte die in der Röhre vorhandene Luft zusammen und schob sie durch ein Ventil in den allgemeinen Behälter. Dann öffnete sich ein unten befindlicher Hahn und entließ das Wasser. So wie der obere Wasserspiegel sank, drückte die äußere Luft ein dort befindliches nach innen schlagendes Ventil auf und nahm die Stelle des Wassers ein. — Die Arbeiten dieses 12200 m langen Tunnels wurden anfangs nur langsam gefördert und schritten erst mit Vervollkommnung der Bohrmaschine in höherem Grade vorwärts. Interessant ist es zu sehen, wie trotz der zunehmenden Tiefe und Schwierigkeit der Arbeiten dennoch dieser Fortschritt jedes Jahr zugenommen hat. Seit Einführung der Maschinenbohrung, bis wohin bereits 1553 m gebohrt waren, sind die Ergebnisse wie folgt gewesen: 1862 643 m, 1863 802 m, 1864 1087 m, 1865 1223 m, 1866 1024 m, 1867 1512 m.

Die Fortschritte auf der Nordseite standen gegen diejenigen auf der Südseite um ein volles Jahr zurück, was durch den Widerstand, den eine Quarzschicht verursachte, und aus dem späteren Beginne der mechanischen Bohrung sich erklärte. Gleichwohl war der jährliche Fortschritt schon auf 1512 m gestiegen, und da seit 1868 nur 4151 m zu bohren blieben, so war die Vollendung dieses Riesenwerkes schon auf Ende 1870 voraus zu sehen, zu welchem Zeitpunkte dasselbe denn auch pünktlich vollendet worden ist, während freilich die Befahrung der Bahn erst nach Vollendung großartiger Brücken- und andrer Bauten geschehen konnte.

Als die Durchtunnelung des Mont Cenis in Angriff genommen war, fand sich eine englische Gesellschaft zu dem Unternehmen, für die Zwischenzeit bis zur Fertigstellung der unterirdischen Bahn eine solche über das Gebirge hinweg zu legen. Bis dahin hatte man zur Ausfüllung der Lücke zwischen den Endpunkten der französischen und italienischen Bahnen nur die vom ersten Napoleon angelegte Alpenstraße, auf welcher die Fahrt in Postwagen 10—12 Stunden dauert. Eine gewöhnliche Eisenbahn war hier nicht möglich, sonst hätte man ja die Durchbohrung nicht nötig gehabt; aber mit einer besondern Einrichtung ist es doch gelungen, leichte Lokomotiven mit einigen Personenwagen auf den steilen, gewundenen Bergpfaden zu fördern. Auch die englisch-ostindische Post benutzte die Gelegenheit. Die schnelle und wohlfeile Herstellung dieser Eisenstraße war dadurch ermöglicht, daß die Schienen auf der Außenseite der Poststraße gelegt werden durften, die also hiermit einen Raum von 3—4 m an Breite verlor. Die von dem Engländer Fell konstruierte Lokomotive aber erhält ihre besondere Steigkraft dadurch, daß sie inmitten der zwei gewöhnlichen Schienen auf allen schiefen Ebenen noch eine dritte höhere hat, die ihr gleichsam als Kletterstange dient. Gegen die Seiten dieser Hochschiene drücken zwei Paar Scheiben, welche unter der Maschine liegen und von ihr gedreht werden, indes die gewöhnlichen Räder ebenfalls auf ihren Schienen

advanced

progress

results

travel on the road

undertaking

enterprise

distinguished

Shiaves

arbeiten. Das Anklemmen und Fortwälzen der Scheiben bewirkt also die sichere Aufwärtsbewegung, während sie abwärts wie Hemmschuhe wirken, da die Wagen nicht schneller gehen können, als die Scheiben sich drehen.



Eisenbahnstraße über den Mont Cenis.

Es werden auf diese Weise Steigungen von 6—8 Prozent, also 1 auf 16—12 leicht überwunden. Die Fahrt über das Gebirge mit seinen vielen großartigen Naturszenerien war bei heiterem Wetter eine der genußreichsten,

die es geben kann, und sanft wie in einem eleganten Kabriolett wurde der Reisende über die Höhen und neben steilen Abgründen hingeführt.

Wiewohl die große Eisenstraße durch den Mont Cenis mit Recht als bewundernswertestes Werk des Menschenfleißes in neuester Zeit gepriesen ward, so interessiert uns doch kaum minder die seit Jahren schon im Gang befindliche neue Schienenstraße über jenen 2000 m hohen Gebirgsrücken der Tiroler Alpen zwischen Innsbruck und Sterzing, den Brenner, auf der Scheide zwischen Nord- und Südtirol gelegen, jedenfalls nächst der viel besprochenen und beschriebenen Semmeringbahn die interessanteste Gebirgseisenbahn, welche Mitteleuropa mit Italien verbindet. Dieselbe zieht sich in einem mehrere Stunden langen Thaleinschnitte hin und erreicht ihre höchste Meereshöhe mit 1300 m. Neben ihr geht die nach dem Paß genannte Brennerstraße, die niedrigste aller großen Alpenstraßen.

Sie wird nach ihrer südlichen Seite zu von der starken Franzensfeste beherrscht. Wenn man vom Brenner spricht, so meint man diesen Paß, den ältesten Verbindungsweg zwischen Italien und Deutschland. Schon die alten Römer hatten über den Brenner eine große Straße von Verona nach Augsburg angelegt. Im Mittelalter hieß dieser Hauptübergang zwischen Süd und Nord die Kaiserstraße und war die nächste Verkehrslinie zwischen der mächtigen Handelsstadt Venedig und den großen deutschen Reichsstädten. Es war auch damals die gewöhnliche Heerstraße nach Italien, und noch gemahnen allenthalben malerische Bergruinen auf den Felshöhen an die frühere Bedeutung.

Und jetzt hat der Brenner wiederum seine alte Bedeutung nicht nur gewonnen, sondern noch vermehrt. Der über ihn führende vollendete zweite Schienenweg über die Alpen, am 18. August 1867 eröffnet, bildet eine der großen Weltstraßen, wenngleich sie nur 16 Meilen lang ist. Sie vermittelt zunächst den Verkehr zwischen Süddeutschland und Italien, hauptsächlich aber den Welthandel zwischen Europa und dem Orient.

In der That bildet die Brennerbahn eines der Riesenwerke der Gegenwart. Bei Innsbruck beginnend, zieht sie sich dem Flüßchen Sill entlang an steilen Felswänden bis auf die Höhe des Brennerpasses, geht dann ins Thal des Eisack über und verfolgt es, unter den Kanonen der Franzensfeste vorbei, bis Botzen. Durch die Felsen sind 23 Tunnels gebohrt, darunter einer von 600, ein andrer von 780 m Länge. Es ist eine romantische Fahrt: bald durch dunkle riesige Felsenthore, dann wieder über hohe Dämme und im ehemaligen Bette der Sill selbst hin, die daraus vertrieben worden ist und sich tosend durch eine enge Schlucht winden muß; bald gleitet die Bahn an steilen Felswänden hin, wo der finstere Abgrund gähnt, und über gewaltige Erddämme und Böschungen. Prächtige Wasserfälle sieht man, den fischreichen Brennersee und die Quellen der Sill und des Eisack — ringsum himmelhohe Berge. Aber endlich wird die Luft milder, die Pflanzenwelt üppiger, und jetzt lacht uns das herrliche Kesselthal von Botzen entgegen. Alles verkündigt schon die

catriolet

operation

a fortiori – Bouill. p. 125.

primarily

Gas light

embankments

slope (escarpment)

[illegible]

at present

gain life

(agriculture)

occasions

Nähe Italiens. Die weiß schimmernden Häuser der reichen Stadt mit der schönen gotischen Pfarrkirche breiten sich aus in einem ungeheuern Garten von Weingefilden, Kastanienwäldern, Schlössern, Landhäusern und Kirchen an den Berggeländen. —

Zahlreiche Eisenbahnen verbinden die aufblühenden Staaten von Nordamerika; das großartigste Unternehmen aber bildet die den Weltteil von einem Meere zum andern durchschneidende sogenannte Pacificbahn (Bahn zum Stillen Meere), sowohl als Bauwerk wie hinsichtlich der raschen Ausführung. In jenem weiten Gebiete, wenigstens in dem erst schwach besiedelten Westen desselben, spielen die Eisenbahnen eine ganz andre Rolle als bei uns; denn während wir solche nur als letztes und vorzüglichstes Verkehrsmittel durch schon volkreiche Gegenden führen, wo Passagier- und Warenzüge sicher zu erwarten sind, dringt dort umgekehrt der Schienenweg als vorderster Pionier in die von wilden Menschen und Tieren spärlich bewohnte Einöde vorwärts, und die Kultur folgt unmittelbar hinterdrein. Die Lokomotive schleppt alle Mittel zum Bahnbau und zur Kolonisation herbei; sie hinterläßt Stationen, die sich meist bald zu Dörfern, Städten oder selbst großen Bevölkerungsmittelpunkten erweitern. Handel, Verkehr und Anbau leben auf, und die Tummelplätze wilder Büffelherden verwandeln sich wie durch Zauber in fruchtbares Kulturland.

Durch das rasche Aufblühen Kaliforniens infolge der Einwanderungsströme, welche anfangs das dort entdeckte Gold, dann auch die übrigen Vorteile des schönen fruchtbaren Landes herbeigezogen, war am Stillen Meer ein wichtiger Zuwachs der Vereinigten Staaten entstanden, dessen direkte Verbindung mit den Oststaaten hergestellt werden mußte, trotz den zwischenliegenden Strecken noch unbesiedelten, nur von Horden feindlicher Eingeborener durchzogenen Landes. Und in wenigen Jahren war mit einer unerhörten Raschheit das Unternehmen ausgeführt, so daß schon im Mai 1869 die Bahn eröffnet werden konnte und man seitdem die ganze Breite des Weltteils, von New York oder Boston bis San Francisco, in einer ununterbrochenen Fahrt binnen sieben Tagen oder noch etwas kürzerer Zeit durchfliegen kann. Diese Strecke ist 716 deutsche Meilen lang, und man nennt sie im weiteren Sinne wohl die Pacificbahn, während die eigentlich so heißende neue Weststraße erst tief im Innern, bei der Stadt Omaha jenseit des Missouriflusses beginnt, einem Punkte, welcher in verschiedenen Richtungen auf älteren östlichen Bahnen erreicht werden kann und schon 305 Meilen von der Ostküste entfernt liegt.

Es ist aber bei der einen Bahn nach Kalifornien nicht geblieben, denn weiter südlich ist eine andre, die Kansas-Pacificbahn, bereits fertig, und eine mehr nördlich verlaufende Linie, aber so gelegt, daß sie die direkteste Verbindung mit Rußland (Amurmündung) herstellt, harret ihrer demnächstigen Vollendung.

Die Bahn Omaha-San Francisco wurde in zwei großen Abschnitten von zwei verschiedenen Gesellschaften 1863, der östliche Teil im Januar,

der westliche im Dezember zu bauen begonnen; das Riesenwerk forderte also noch nicht volle sechs Jahre zu seiner Vollendung. Im Osten hat die Natur die Anlage sehr begünstigt, da man hier weithin nur ebenes Prärieland zu überschreiten hatte. Hier rückte der Bau so rasch fort, daß an manchem Tage über zwei deutsche Meilen Schienen gelegt wurden. Die Ebene ist aber dennoch eine, wenn auch nur ganz sanft ansteigende, denn wenn man 112 Meilen westlicher bei der Stadt Cheyenne angelangt ist, befindet man sich, ohne es vermutet zu haben, bereits ca. 1700 m höher als in Omaha.



Schneedach über einer Strecke der Pacificbahn.

Eine eigentümliche Erscheinung für den Fremden bilden die armen indianischen Bewohner der Prärien, die häufig, schon von Omaha an, in die Ortschaften und Stationen kommen und gewöhnlich betteln. Ihre Erdhütten und Zelte sind oft in nur kurzer Entfernung von der Bahn aufgeschlagen.

Diese Leute haben dem Bahnbau oft große Hindernisse bereitet, Schienen aufgerissen, Züge zum Entgleisen gebracht und beraubt, Menschen getötet. Seit dem Beginn des regelmäßigen Betriebes kommt dergleichen nicht mehr vor, da sich auf jedem Zuge eine große Zahl mit Flinten und Revolvern bewaffneter Passagiere befindet.

Von Cheyenne ab verwandelt sich die Szene: die Bahn tritt in die Rocky Mountains oder Felsengebirge ein; sie sind aber nicht so wild und schroff wie ihr Name erwarten läßt, sondern die Bahn kann sich in nicht übermäßigen Steigungen an und zwischen den Bergen emporziehen, und der Bau machte viel weniger Schwierigkeiten als befürchtet wurde, wenn er auch immerhin eine starke Leistung als Gebirgsbahn bleibt, denn der höchste überstiegene Punkt erhebt sich 2740 m über die Meeresfläche; hier liegt Sherman, die erhabenste Bahnstation der Welt.



Schneepflug der Pacificbahn.

Auf wasserlosen Hochplateaus, reinen Wüsten mit den bizarrsten Felsgebilden besetzt, läuft die Bahn jenseit des Kammes weiter fort und steigt endlich durch enge tiefe Felsschluchten (Canons, der schwierigste Teil der Anlage) in das weitläufige Becken hinab, in welchem der Große Salzsee liegt. Dies ist die Gegend, wo die wunderlichen Heiligen, die vielweiberigen Mormonen, weit ab von der zivilisierten Welt unter Indianern ihre letzte Niederlassung gründeten und nun doch von der Eisenbahn wieder ein- und überholt worden sind.

Am Salzsee in Ogden ist der Übergang von der östlichen auf die westliche, von Kaliforniern gebaute Bahnstrecke, welche 161 deutsche Meilen lang ist und an der viele Tausende nach Kalifornien ausgewanderter Chinesen mit gebaut haben. Aus dem Salzsee-Territorium Utah geht's

weiter durch den mit Bergen und Seen besetzten, großenteils eine bloße Salzwüste bildenden Staat Nevada, wo aber zahlreiche Silberminen gefunden und ausgebeutet werden. Nachdem Nevada durchfahren, überschreitet man die Ostgrenze Kaliforniens und gelangt nun plötzlich in eine ganz neue Welt: es gilt nun die Übersteigung der Schnee-Alpen (Sierra Nevada), eines Gebirges, das an Großartigkeit den europäischen Alpen kaum nachsteht, an romantischen Reizen aber sie weit übertrifft, obgleich seine Kämme weder Gletscher noch ewigen Schnee tragen, denn die ungeheuern Schneemassen, die sich auf den Höhen ansammeln, verschwinden in den Sommermonaten völlig.

Aus den wüsten Steppen Nevadas also sieht sich der Reisende fast plötzlich in eine prachtvolle Szenerie versetzt, die mit den seltensten Reizen der Natur ausgestattet ist. Höher und höher steigt der Zug im Gebirge aufwärts, und immer romantischer, großartiger und wechselvoller werden die Umgebungen, immer blumiger die Erde, milder und balsamischer die Luft, vollstimmiger der Gesang der Vögel. Herrliche Baumwälder bedecken die Höhenzüge. Je höher die Bahn sich emporwindet, desto freier und überraschender werden die Tiefblicke auf Thäler und Schluchten, Seen und Wasserfälle. Vielfach ist die Szene belebt von Menschen und ihren Ansiedelungen. Weiße, Chinesen und Indianer sind gleich emsig beschäftigt mit Förderung des kostbarsten Produkts der Gebirge, des Goldes, und überall sieht man die mannigfaltigsten bergmännischen Vorrichtungen hierzu. Endlich ist der oberste kahle Gebirgskamm erklommen und die höchste Station erreicht, welche 2350 m über der Meeresfläche liegt. Um hier herauf zu kommen, hat die Lokomotive wiederholt Steigungen von 1 auf $45\frac{1}{2}$ zu überwinden.

Das Hinabsteigen auf der Westseite gewährt das Gegenbild von der östlichen, nur ist hier die Besiedelung schon weiter gediehen, und man begegnet schon verschiedenen kleinen hübschen Städten. Der Fall der Bahn ist so steil, daß fast ohne Anwendung von Dampf hinabgegangen wird. Ungemein fruchtbare Thäler und reich gesegnete Ebenen schließen sich an den Fuß des Gebirges, durch welches die Bahn nach Fluß und Stadt Sacramento hinführt, der Staats-Hauptstadt Kaliforniens. Auf verschiedenen Bahnen und Dampferlinien kann dann der Reisende die letzten 30 Meilen bis San Francisco zurücklegen.

Die Sierra Nevada hat weit mehr Gelegenheit gegeben, außergewöhnliche Hindernisse des Bahnbaues zu überwinden, als das Felsengebirge. Es wechseln daher auf diesem Alpenübergange mächtige Einschnitte, durch Felsen gesprengte Tunnel von zusammen 1980 m Länge, der längste 530 m, kühne Brücken und Viadukte, meist ganz aus riesigen Baumstämmen aufgebaut. Eine nur hier vorkommende Erscheinung sind aber die weitgestreckten Schneedächer, welche die an steilen Höhen hinziehende Bahn vor den kolossalen Schneelasten und Lawinenstürzen schützen sollen, in einem und dem andern Falle aber doch schon unter letzteren zusammengebrochen sind.

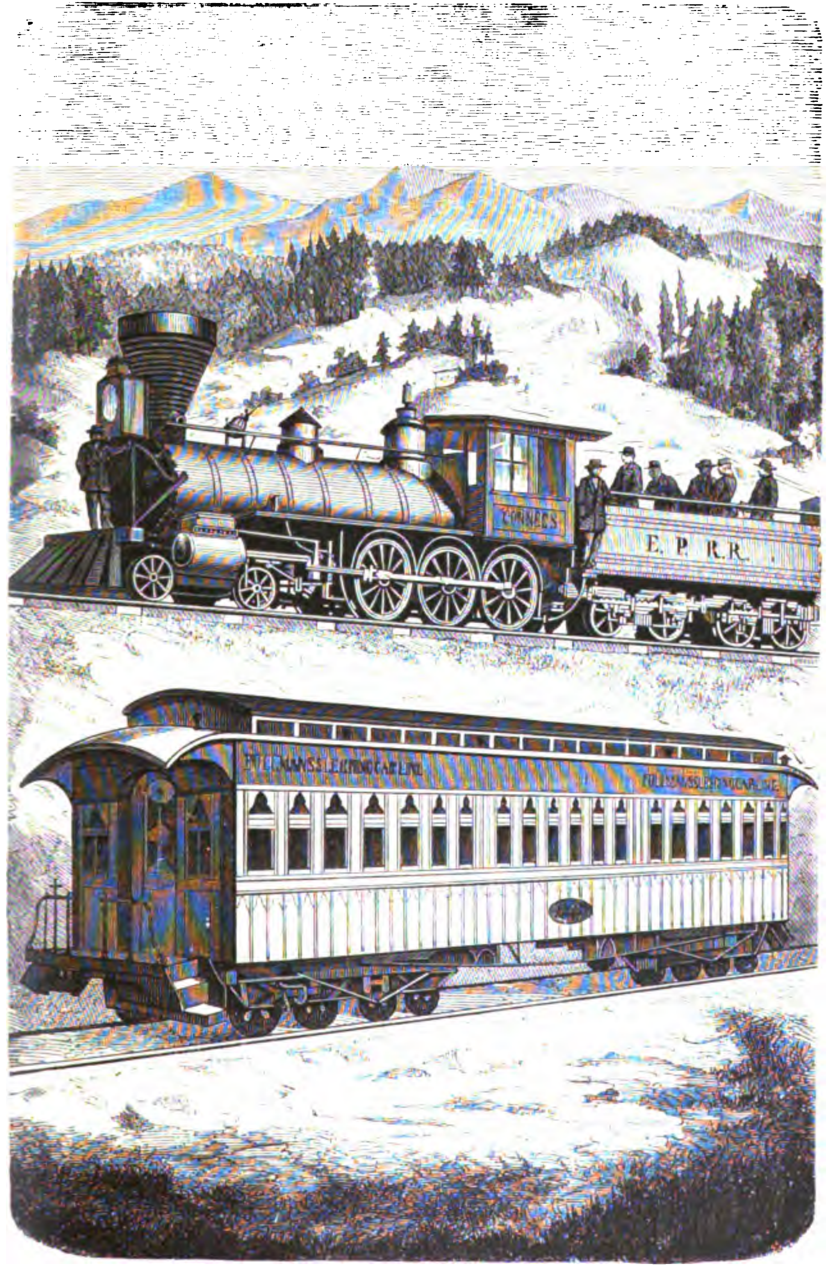
deslip'd —

outlines of the [illegible] —

deep vistas

production —

[illegible]



Lokomotive für die Pacificbahn und Pullmannscher Reise-Schlafwagen.

Sie sind aus dem stärksten Bauholz konstruiert und bilden halbdunkle Galerien mit stark geneigtem einseitigen Dach. Diese nahe bei einander liegenden Schutzbauten haben eine Gesamtlänge von 7 deutschen Meilen. Sie beeinträchtigen nebst den Tunnels und Einschnitten den landschaftlichen Genuß des Reisenden nicht wenig. Als weiteres Bahnbefreiungsmittel hat man mächtige, sinnreich konstruierte Dampfschneepflüge, und die sehr großen und kräftigen Lokomotiven haben am Vorderteil einen aus Eisenstäben gebildeten Apparat, cow catcher (Kuhfänger) genannt, der in wirksamer Weise ziemlich große Gegenstände aus der Bahn zu werfen vermag, wie ja schon sein Name vermuten läßt.

Für die Bequemlichkeit der Reisenden ist auf der Pacificbahn in ausgezeichneter Weise gesorgt. Die Personenwagen sind weit länger und höher, als wir sie kennen, haben längsdurch einen Gang, der Polstersitze zu beiden Seiten hat, und die einzelnen Wagen sind so verbunden, daß man jederzeit sich durch den ganzen Zug bewegen kann. Die Wagen sind im Winter gut geheizt, Wasser ist umsonst, Obst, Getränke und andre Genußmittel, Zeitungen und andrer Lesestoff käuflich zu haben. Jeden Zug begleiten ferner ein oder mehrere prachtvoll eingerichtete Schlafwagen, in denen 40—50 Personen bequem in Betten schlafen können, die sich außer der Schlafzeit in äußerst bequeme Sitze verwandeln lassen. Endlich fehlen auch nicht die luxuriösen **Hotelwagen**, fahrende Restaurants, in denen 48 Personen gleichzeitig auf das feinste dinieren können. Schlaf- und Hotelwagen sind aber nicht in der Fahrtaxe inbegriffen, sondern bilden Extra-Anstalten für Leute, die das Geld dazu haben. Die an den Wagen dieser Bahn befindlichen Buchstaben E. P. R. R. bedeuten: East Pacific Rail Road (Ost-Pacificbahn).

Eins der zuletzt vollendeten großen Eisenbahnbauwerke ist der **St. Gotthardstunnel**, welcher den 2114 m hohen Gebirgssattel durchbricht, über welchen die altberühmte St. Gotthardstraße führt. Der Eingangspunkt des nahezu 15 km langen Tunnels liegt auf der schweizerischen Seite bei dem kleinen Orte Göschenen, welchen unser Bild zeigt, der aber seitdem sich beträchtlich vergrößert und insbesondere durch die Bahnstationsbauten ein wichtigeres Aussehen gewonnen hat. Man sieht es der hier gewaltig emporsteigenden Gebirgswand wohl an, welche Schwierigkeiten schon allein die notwendige genaue Richtungsbestimmung des Tunnels, viel mehr aber noch die Durchbrechung des großen Bohrloches selbst machen mußte. Die Einleitungen zum Bau begannen 1870, die Bohrarbeiten wurden zu Göschenen am 4. Juni 1872, zu Airolo auf italienischer Seite am 1. Juli desselben Jahres in Angriff genommen. Die Vollendung erfolgte im März 1880. Das Nordportal des Tunnels liegt 1109 m hoch über dem Meeresspiegel, und der Tunnel selbst steigt auf einer Länge von 7800 m mit $5,_{82}$ m pro 1000, geht dann 319 m horizontal und fällt dann allmählich immer weniger steil nach Airolo auf der italienischen Seite ab, wo das Portal 1185 m über dem Meeresspiegel liegt. In der Mitte des Tunnels liegt der Tunnelscheitel 1154 m und der höchste Punkt des an dieser Stelle überlagernden Gebirges

steeply pitched — on one side —

aisle cushions

edibles

Schienenweg Schienenbahn

preliminaries

vertex, apex, crown —

2861 m über dem Meere. Es liegen also noch 1707 m Gebirge über dem Tunnelscheitel. Die lichte Höhe des Tunnels beträgt 6 m, die lichte Weite 8 m. Der Ausbruch des Tunnels wurde in der zweiten Hälfte des Jahres 1872 begonnen. Der Vortrieb des Tunnels fand ausschließlich mit Bohrmaschinen statt. Der mittlere Fortschritt betrug $3,_5$ m in 24 Stunden, derselbe schwankte aber in den verschiedenen Jahren zwischen $1,_5$ bis 7 m.



Göschenen (St. Gotthard).

Am Bau des Tunnels waren durchschnittlich jeden Tag 3412 Arbeiter beschäftigt. Der ganze Tunnel ist ausgemauert, und es bot der starke Gebirgsdruck große Schwierigkeiten, da es sich oft darum handelte, dem Einsturz des Tunnelgewölbes entgegen zu kämpfen. Die Temperatur im Tunnel beträgt etwas über 30° Celsius. Nach solch großartigen Erfolgen ist die Ausführung andrer Alpentunnel, wie durch den Montblanc, Simplon 2c., nur eine Frage der Zeit.

Von Interesse ist der Überwachungsdienst des Gotthardtunnels. Zweimal während des Vormittags und zweimal während des Nachmittags mit Abgang des betreffenden Bahnzuges verläßt je ein Tunnelwärter die Stationen Göschenen und Airolo, begeht den Tunnel bis zur Mitte und tritt nach zweistündigem Aufenthalte daselbst wieder den Rückweg an. Vom Abgang bis zum Wiedereintreffen auf seiner Abgangsstation braucht der Wärter etwa acht Stunden, 3 Stunden hin, 2 Stunden Aufenthalt in der Mitte, wo er den von der entgegengesetzten Seite kommenden Wärter trifft, und 3 Stunden wieder zurück.

Neben den zum Nutzen des internationalen Verkehrs die Gebirgsschranken der Länder durchbrechenden Alpentunnelbauten sind auch die ähnlichen Zwecken dienenden interozeanischen Verkehrswege der Betrachtung wert, denn ihre Ausführung erheischt ebenfalls die bewundernswerte Verbindung von geistiger und mechanischer Arbeitskraft unter Mithilfe des Kapitals, denn selbstverständlich kostet die Ausführung solcher Unternehmungen Summen von vielen Millionen Mark. So wurde z. B. die Ausführung des St. Gotthardstunnels für nahezu 57 Millionen Francs vergeben.

Zuerst ist hier der von Ferdinand de Lesseps 1859 begonnene und am 17. November 1869 feierlich eingeweihte 21,5 deutsche Meilen lange Suezkanal zu nennen, der von Port Sait beginnend und durch den Menzalesee, Balah- und Timsasee führend, das Mittelmeer und Rote Meer verbindet. Der Kanal ist 8 m tief und 100 m breit und kürzt den Weg zwischen Triest und Bombay um 37 Tage, von Bordeaux nach London und Hamburg um 24 Tage ab. Schon die alten ägyptischen Pharaonen, sowie der mächtige Perserkönig Darius Hystaspes wollten einen solchen Kanal bauen, doch scheiterte das große Unternehmen stets nach einigen erfolglosen Versuchen. In der letzten Zeit waren beim Bau des Kanales 11000 Arbeiter nebst 58 großen Dampfgrabemaschinen beschäftigt, und es wurden täglich über 80000 Kubikmeter, im ganzen aber allein vom 15. Mai bis 15. Juni 1869 über 2½ Millionen Kubikmeter Erdreich heraus gefördert. Die Herstellungskosten des Kanales betrugen die runde Summe von 20 Millionen Pfund Sterling oder 400 Millionen Mark.

Der Verkehr durch die neu eröffnete Fahrstraße hat von Jahr zu Jahr zugenommen; während im Jahre 1870 nur 489 Schiffe den Weg benutzten und die Einnahme an Passagegeld nur 5159327 Francs betrug, fuhren 1880 schon 2026 Schiffe hindurch, und es wurden 41820829 Francs Einnahmen gemacht.

Derselbe kühne Ingenieur, der den Bau des Suezkanals unternahm und glänzend zuwege brachte, ist gegenwärtig damit beschäftigt, mittels Durchstechung der Landenge von Panama den Atlantischen Ozean mit dem Großen Ozean zu verbinden. Die Bedeutung dieser die beiden großen Kontinente Amerikas verbindenden nur 12 Meilen breiten Landenge war bereits von den Spaniern nach Begründung ihrer Herrschaft in Mittelamerika anerkannt worden. Schon damals suchte man teils durch Land-,

inspection service

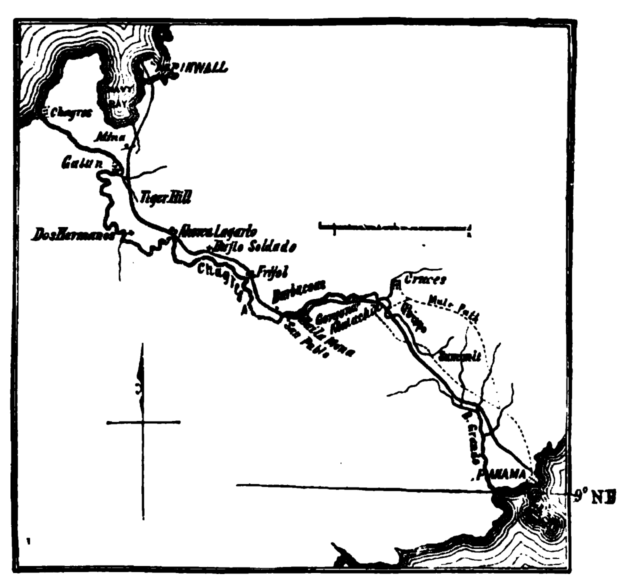
disposed of —

steam evaporation —

earth

to pass

teils durch Wasserstraßen eine Verbindung zwischen beiden Ozeanen herzustellen. Verschiedenartige Hindernisse, besonders aber die Vorurteile der jedem Fortschritte abholden Jesuiten waren aber dem Unternehmen entgegen. Erst 1848 vereinigten sich drei New Yorker Kaufleute, um die Landenge mit einem Schienenwege für den Eisenbahnverkehr zu versehen. Im Mai geschahen auf der atlantischen Seite, auf der kleinen Manzanilla-Insel, wo jetzt das Städtchen Aspinwall oder Colon liegt, die ersten Spatenstiche, und am 24. Januar 1855 dampfte bereits der erste Eisenbahnzug von Ozean zu Ozean.



Karte der Panamabahn.

Des ungesunden Klimas wegen forderte der Bau dieser Bahn Tausende von Menschenleben. Sagt man doch, jede Schwelle der Bahn habe ein Menschenleben verlangt. Anfangs war der Verkehr auf dieser Bahn ein sehr reger, aber jetzt ist derselbe ganz unbedeutend geworden. Vielmehr verspricht man sich von dem Kanale. Als besten Eingang für den Kanal betrachtet man die Simonsbai, wo der Folks-River einmündet.

Ein Durchschnitt der als Mindi Hills bezeichneten nicht-hohen Gebirgskette würde den Kanal vom Folks River in den Fluß Chagres führen, dessen Bett man auf eine beträchtliche Strecke benutzen könnte. Es soll sofort ein temporärer Kanal für die zeitweilige Benutzung beim Baue des großen Hauptkanals angelegt werden. Man hofft den Bau in vier bis fünf Jahren zu vollenden.

Die elektrische Eisenbahn und die feuerlosen Lokomotiven.

Ein nicht unwichtiger Fortschritt in den Verkehrsmitteln ist die elektrische Eisenbahn, welche zum erstenmale in praktischer Ausführung auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879 zu sehen war. Wohl hat man schon vor mehr als 30 Jahren versucht, die Elektrizität zur Bewegung von Fuhrwerken und speziell auch zum Eisenbahnbetriebe zu benutzen, jedoch schlug man dabei einen falschen Weg ein, der nicht zum Ziele führen konnte; die Begründung dieser Behauptung kann jedoch erst später in der Besprechung der Elektrizitätslehre gegeben werden. Der Ruhm, für die elektrische Eisenbahn eine praktische Form der Ausführung gefunden zu haben, gebührt der Firma Siemens und Halske in Berlin, welche durch ihre erfolgreichen Bestrebungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik sich weltberühmt gemacht hat.

Die erwähnte erste elektrische Eisenbahn war ursprünglich zu einem bestimmten industriellen Zwecke, nämlich zur Beförderung der Kohlen aus dem Kohlenbergwerke bei Spremberg in der Niederlausitz, gebaut worden. In der Berliner Gewerbeausstellung diente sie als Vergnügungsprojekt, indem sie eine etwa 300 m lange in sich zurücklaufende Kurve auf einem innerhalb der Ausstellunghöfe befindlichen durchaus ebenen Terrain bildete.

Die Spurweite des Schienenwegs betrug etwas über $^1/_2$ m; zwischen den beiden, wie bei der gewöhnlichen Eisenbahn angelegten Laufschienen befand sich eine dritte hochkantig gestellte Flachschiene, welche mit der elektrischen Lokomotive vermittels Rollen in leitende Verbindung gebracht war. Der Hauptteil der elektrischen Lokomotive besteht aus einer sogen. dynamoelektrischen Maschine, d. h. einer Maschine, in welcher durch eine Verbindung fester und beweglicher Elektromagnete eine auf die Lokomotivräder übertragene Umdrehungskraft erzielt wird. Der dazu nötige elektrische Strom, der hier anstatt des Dampfes in der gewöhnlichen Lokomotive als Krafterzeugungsmittel dient, wird von einer zweiten dynamoelektrischen Maschine, die ganz ähnlich wie die erste konstruiert ist, erzeugt. Diese zweite Maschine ist an einem passenden Orte in der Nähe der Bahn, also bei einer nicht im Kreise laufenden Bahn an einem Ende derselben aufzustellen und mit einer Maschine so zu verbinden, daß ihre beweglichen Elektromagnete zwischen den Polen der unbeweglichen Elektromagnete in rasche Umdrehung versetzt werden. Durch den hierdurch herbeigeführten, rasch hintereinanderfolgenden und während der Umdrehung fortdauernden Polwechsel wird der zum Betrieb der Lokomotive nötige elektrische Strom erzeugt. Eine genauere Beschreibung von der Art und Weise, wie dies geschieht, und von den dabei zum Ausdruck gebrachten Naturgesetzen können wir ebenfalls erst bei der Besprechung der elektrischen Erscheinungen geben. Hier genüge einstweilen der Hinweis auf die Thatsache, daß man etwa 30—40 Proz. der Umdrehungskraft einer Dampfmaschine in elektrische Kraft umwandeln kann, welche sich durch einen mehr oder minder dicken Draht

[See Mechanics, IV: 86. Aug. 25: 1883. pp. 132-3. also pp. 155-6.
[Also V: 109. Feb. 2, 1884. pp. 92-3.]
Electrical locomotive electric launch; continuous current generator.]

industrial

(electric science)

gauge
outside rails
edgewise
(coils) (cylinders) (connecting main)
brushes - wheels - fastenings
electrical contact
connection - [illegible]
[illegible]
[illegible]

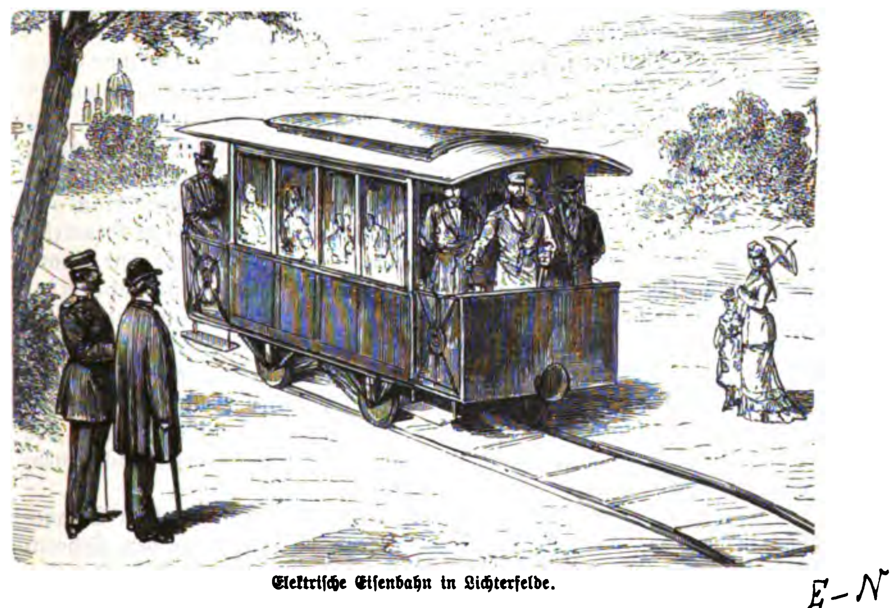
meanwhile
[illegible]

[illegible]

outside rails
central rail

effect

oder auch durch die Schienen einer Eisenbahn bis auf eine große Entfernung fortführen läßt, und daß diese Elektrizität sich unterwegs wiederum durch eine geeignet konstruierte Maschinerie in Umdrehungskraft umwandeln und zur Umdrehung der Lokomotivräder verwenden läßt, sobald man den elektrischen Strom in die Maschinerie der Lokomotive hinein leitet; dieses erfolgt dadurch, daß der von der feststehenden dynamoelektrischen Maschine erzeugte elektrische Strom von dem einen Pole in die Laufschienen und von dem andern Pole in die Mittelschiene der Bahn geführt wird.



Elektrische Eisenbahn in Lichterfelde.

Indem die Lokomotive die äußeren Schienen mit der mittleren in Verbindung setzt, geht der elektrische Strom, welcher von dem einen Pole nach dem andern hinzufließen strebt, um dadurch eine Ausgleichung der elektrischen Spannung zu bewirken, durch die Lokomotive hindurch und versetzt dabei deren Räder in Umdrehung. Die Lokomotive setzt demnach ihre Bewegung so lange fort, als der elektrische Strom andauert; sobald aber dieser Strom unterbrochen wird, steht die Lokomotive auch still; diese Stromunterbrechung könnte einfach dadurch herbeigeführt werden, daß die unterhalb der Lokomotive befindlichen, beim Laufe mit der Mittelschiene in Berührung stehenden Rollen von der Schiene mittels eines Hebels etwas abgerückt würden, jedoch läßt sich die Stromunterbrechung auch noch auf andre Weise herbeiführen.

Die elektrische Lokomotive kann mit großer oder geringer Geschwindigkeit, ganz ähnlich wie eine Eisenbahnlokomotive, in Betrieb gesetzt werden und eignet sich besonders zum Bergauffahren.

Nachdem der Bau einer elektrischen Eisenbahn durch Berlin wegen gewisser Bedenklichkeiten abgelehnt worden war, kam eine Versuchsstrecke zur Ausführung. Diese Strecke wurde am 12. Mai 1881 feierlich eröffnet und am 16. Mai dem allgemeinen Verkehr übergeben. Die Bahn befindet sich in dem Dorfe Lichterfelde, etwa 10 km von Berlin, und schließt sich direkt an die hier befindliche Haltestelle der Berlin-Anhaltischen Eisenbahn auf dem Bahnhofsterrain selbst an. Sie verbindet den Bahnhof mit der Hauptkadettenanstalt, einem unweit des Dorfes liegenden umfangreichen Gebäudekomplex, welcher einen sehr regen Verkehr mit Berlin aufweist.

Die Länge der Bahn beträgt $2_{,5}$ km, die Spurweite 1 m.

Man beschäftigt sich jetzt viel mit der Frage, ob die elektrische Eisenbahn befähigt sei, der Dampflokomotiven-Eisenbahn Konkurrenz zu machen; aber es scheint, daß es sich hier um die Konkurrenz mit der letztern gar nicht handelt. Im Grunde genommen ist die elektrische Eisenbahn nichts Andres, als eine neue Art der ursprünglichsten Eisenbahnen, die als Seilbahnen mit feststehendem Motor ausgeführt wurden. Mit diesem System brach aber Stephenson bald im Beginne seiner Laufbahn vollständig, ja er verurteilte auch das atmosphärische System entschieden, weil es ihm als eine Hauptbedingung erschien, daß Kraft und Motor vereint auftreten. Daß Stephenson recht hatte, dafür liegt der Beweis in der ungeheuern Entwickelung der Lokomotiv-Eisenbahn; Seilbahnen, pneumatische und atmosphärische Bahnen hätten solche nie erreicht. Die elektrische Eisenbahn kann daher im allgemeinen nur als Konkurrentin dieser letzteren auftreten, welche mit ihr einer Gattung sind, und hat nur in besonderen Fällen, wie bei der Anlage von Stadtbahnen, Aussicht, der Dampflokomotiven-Eisenbahn erfolgreich gegenüber zu treten.

Die Anwendung der gewöhnlichen Lokomotive auf belebten Straßen und insbesondere für den städtischen Verkehr wird durch die dem Schornsteine oft in reichem Maße entquellenden Rauchwolken lästig. Man hat daher versucht, feuerlose Dampflokomotiven herzustellen, oder besser noch, den Dampfbetrieb durch den Betrieb mit komprimierter Luft zu ersetzen. So wird seit einigen Jahren in Chicago eine feuerlose Lokomotive benutzt, deren Kessel auf der Abgangsstation aus einem daselbst angelegten großen stationären Dampfkessel unter 15 Atmosphären Druck mit heißem Wasser gefüllt wird. Mittels eines Druckregulators wird der Dampf unter der gleichbleibenden Spannung von 3—4 Atmosphären dem Cylinder zugeführt, und somit durchläuft die Lokomotive mit den daran hängenden Personenwagen eine Strecke von ungefähr 5 km hin und zurück, worauf sie wieder eine frische Füllung erhält. In andern Fällen hat man die Lokomotiven anstatt des Dampfkessels mit einem Reservoir versehen, worin sich stark komprimierte Luft von vielleicht 25 Atmosphären Spannung befindet, welche ebenfalls zum Betriebe der Maschine in ähnlicher Weise wie im vorigen Falle benutzt wird.

formally

exhibits

fundamentally

regulation of

running writing



Robert Fulton.

III.
Das Dampfschiff.

Was die Lokomotive auf dem Lande, das ist das Dampfschiff auf dem Wasser, oder sollte es wenigstens der ersten Idee der Erfinder zufolge sein. Denn das erste Patent, welches auf ein Dampfschiff genommen wurde, das von Jonathan Hull, lautete auf ein Schiff, das durch eine Dampfmaschine bewegt, im stande sein sollte, andre Fahrzeuge gegen Wind und Strömung fortzuziehen.

Diesen Dienst besorgen jetzt bekanntlich die Schleppdampfer; aber er macht doch nur einen bescheidenen Teil aus von den Gesamtleistungen der Dampffahrzeuge. Das Feuerschiff hat in allen Stücken das von den launischen Winden abhängige Segelschiff entweder ganz verdrängt, oder doch sehr wesentlich beschränkt, auf den großen Weltmeeren wie auf Seen und Strömen, zu Friedens- wie Kriegszwecken, und gerade in letzterer Hinsicht am entschiedensten, denn hölzerne Segelschiffe heute noch in den Krieg schicken zu wollen, würde ein sehr gefährliches Wagnis sein.

Die Dampfkraft zum Forttreiben von Booten und Schiffen zu benutzen, war ein sehr naheliegender Gedanke, und viele suchten ihn ins Werk zu

setzen, zunächst mit geringen Erfolgen, bis 1784 Watts doppelwirkende Maschine bekannt wurde, deren größere Kraft auch größere Wirkungen ermöglichte. Daß Papin fast 100 Jahre früher mit einem Dampfboote in Deutschland fuhr, war vergessen, und wir selbst wissen ja von der Beschaffenheit seiner Maschine nichts Näheres. Die Versuche, welche jetzt, von etwa 1770 an, hier und da mit Dampffahrzeugen gemacht wurden, mußten also ganz von vorn anfangen. Als solche Vorläufer erscheinen der Marquis Jouffroy in Frankreich, Miller, Taylor und Symington in Schottland, Fitch und Rumsey in Nordamerika. Symington hatte in der That 1802 ein gangbares Boot hergestellt mit einem vorausgehenden Schaufelrad. Es sollte zu Kanalfahrten benutzt werden, aber die Eigentümer von Kanälen erhoben dagegen heftigen Widerstand wegen der zu befürchtenden Uferbeschädigungen, und so wurde auch aus dieser Sache nichts. Das Dampfschiff sollte gar nicht in Europa, sondern in Amerika zur Vollendung kommen, und diese Thatsache knüpft sich an den Namen Robert Fulton. Er war ein junger Maler und Techniker aus Amerika, der sich in England und Frankreich aufhielt und verschiedene Erfindungen und Pläne zu technischen Unternehmungen ohne Erfolg an den Mann zu bringen suchte. Endlich fand er an dem Gesandten seines Landes am Pariser Hofe, Kanzler Livingston, einen Gönner, der ihm ermöglichte, ein kleines Dampfboot zu bauen. Dieses legte am 9. August 1803 seine erste öffentliche Probe auf der Seine mit Erfolg ab und ging stromauf mit einer Geschwindigkeit von $^3/_4$ Meile per Stunde. Die Franzosen in ihrem damaligen Kriegsfieber beachteten die Neuigkeit kaum, und der Kaiser Napoleon bezeichnete die Sache geradezu als einen Schwindel, mit dem er nichts zu thun haben wolle. Fulton kehrte nun, in der alten Welt in seinen Erwartungen arg getäuscht, in seine amerikanische Heimat zurück, um dort sein Heil weiter zu versuchen, bestellte sich aber vorher bei der berühmtesten englischen Maschinenwerkstätte Boulton und Watt eine besonders kräftige Schiffsmaschine, denn sein nächster Dampfer sollte nicht mehr eine Art Modell, sondern gleich etwas Rechtes werden. Er wurde im August 1807 fertig, maß in der Länge 47 m und konnte 3200 Ztr. laden.

Fultons Landsleute zeigten denselben Mangel an Verständnis und Zutrauen in das Unternehmen wie die Leute in Europa; das im Entstehen begriffene Fahrzeug war der Gegenstand beißender Kritiken und Spöttereien; sie nannten es nur „Fultons Thorheit“. Als dasselbe zur Probe fertig war, bestieg es Fulton unter dem Hohngelächter vieler Tausende, das sich verzehnfachte, als das Fahrzeug auf das Signal zur Abfahrt zwar eine kleine Strecke fortging, dann aber ruhig stehen blieb. Fulton hatte indes den Fehler in der Maschinerie bald gefunden und beseitigt, und als nun der „Clermont“ wirklich mit zunehmender Geschwindigkeit in die Wogen des Hudson hineindampfte, schlug ebenso plötzlich die Stimmung des Publikums um, und endloses Jubelgeschrei begleitete die ersten Schritte einer neuen folgenreichen Erfindung. Fulton selbst schreibt darüber: „Als ich mein erstes Dampfboot

travelled

working [illegible]

technician

to get rid of — Robert [illegible] Livingston

[illegible]

marine engine [illegible]

engaged in [illegible] made — [illegible]

was [illegible]

overcome

important

fabric of a baseless vision

dock - wharf   dockyard

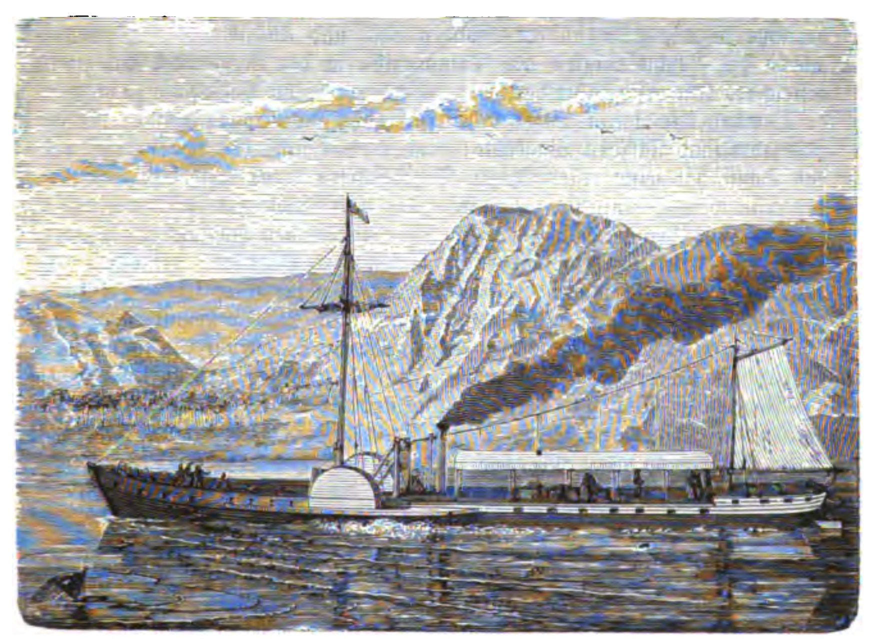
overhear

DEATH OF A CENTENARIAN.

LOCKPORT, N. Y., Oct. 27.—Mrs Judee Hoag Mosier, aged 100 years and 16 days, died here this morning. She was, without doubt, the oldest person in Niagara County, or, in fact, west of Rochester, in this State. She well remembered Washington, and was a passenger on Fulton's first steamboat. She left six children, thirteen grandchildren, and seven great-grandchildren. The celebration of her one hundredth birthday, which took place 16 days ago, was largely attended, all her relatives throughout the country being present.

N.Y. Times : 1884.

in New York baute, betrachtete das Publikum dasselbe teils mit Gleichgültigkeit, teils mit Verachtung, gleichsam wie das Gebilde eines tollen Traumes. In der That, meine Freunde behandelten mich, obschon artig, doch mit einer gewissen Scheu. Sie hörten meine Erklärungen ruhig an, aber die Ungläubigkeit lag auf ihren Gesichtern. Oft hatte ich Gelegenheit, wenn ich täglich nach der Schiffswerfte ging, unerkannt die Urteile der Vorübergehenden zu belauschen. Man verachtete, belachte, verspottete allgemein mein Unternehmen. Oft brach auf meine Kosten ein lautes Gelächter aus; trockner Spott, kluge Berechnungen über die Verluste an Zeit und Geld, das waren die ewig sich wiederholenden Urteile über „Fultons Thorheit".



Fultons erstes Dampfschiff „der Clermont".

Nirgends traf ich auf ein ermunterndes Zeichen, auf einen Strahl von Hoffnung, auf einen warmen Glückwunsch. Die größte Höflichkeit, die man mir erwies, war Schweigen, Verhüllung der Zweifel oder gelinde Vorwürfe! — Als aber der Versuch gelungen war, als das Boot noch nicht die erste Meile zurückgelegt hatte — da war auch der Ungläubigste bekehrt; diejenigen, welche sonst achselzuckend auf die teure Maschine geblickt und dem Himmel gedankt hatten, daß sie ihr Geld behielten, waren jetzt die lautesten Lobpreiser, und die, welche geschwiegen hatten, hielten sich nun für die Weisen."
— Doch warum sich wundern über das Gebaren der großen Menge, wenn man sieht, wie selbst große Geister unfähig sind, technische Fortschritte und

ihre Folgen zu würdigen. Napoleon wies Fulton trocken ab, als dieser ihm anbot, ihm eine Dampfflotte und damit eine Brücke nach England zu bauen, und selbst der große Astronom und Physiker Franz Arago hatte hundert ängstliche Bedenken, als es sich um die Anlage von Eisenbahnen in Frankreich handelte. Er fürchtete unter anderm sogar, daß die Passagiere, die an einem heißen Sommertage durch einen Tunnel führen, alle auf den Tod erkältet wieder herauskommen würden. Es ging mit den Eisenbahnen eben auch wie mit vielen andern Dingen: die Praxis eilte oft mit großer Kühnheit voran und die Theorie folgte.

Der „Clermont" war zur regelmäßigen Fahrt zwischen New York und dem 30 Meilen oberhalb am Hudson gelegenen Albany bestimmt und brauchte dazu gewöhnlich 32 Stunden auf- und 30 abwärts. Natürlich wurde die Geschwindigkeit der Dampfschiffe in der Folge noch ansehnlich gesteigert. Die erste Fahrt hatte der „Clermont" ohne Passagiere zu machen, da niemand sich diesem unheimlichen Fahrzeug anvertrauen mochte; für die Rückfahrt fand sich ein Wagehals; dann mehrte sich aber der Zulauf, und das Schiff hat seine regelmäßigen Tagesfahrten lange fortgesetzt und war das erste, welches rentierte. Man fuhr Tag und Nacht; zur Feuerung diente Leseholz aus den Nadelwäldern, welche damals den Hudson umsäumten. Dies gab denn bei Nacht durch sein flammendes Brennen, mit einer dem Schlot entsteigenden mächtigen Feuersäule, einen furchtbar schönen Anblick, ein Schreckbild aber für alles, was sich auf dem Strome befand.

Fulton baute noch manchen schönen Dampfer, sowohl für seine eigne Gesellschaft als für fremde Rechnung, und in wenigen Jahren beherrschte das Feuerschiff schon alle großen Flüsse und Seen des weiten Landes und verlieh der Besiedelung der Staaten Ohio, Missouri, Illinois und Indiana einen Aufschwung, der außerdem vielleicht in hundert Jahren erst erreicht worden wäre. Die Dampfer, welche jetzt die großen Ströme in Menge bevölkern und hauptsächlich dem Personenverkehr dienen, sind wahre Riesenbauten und gleichen schwimmenden Palästen, denn zweistöckige Gebäude nehmen fast die ganze Länge des Schiffs ein und enthalten Kajüten und Säle für sechshundert und mehr Personen. Auch in Bezug auf luxuriöse Ausstattung ist der Vergleich dieser Fahrzeuge mit Palästen völlig zutreffend.

Den Erfolgen in Amerika gegenüber blieb die alte Welt sehr im Rückstand, denn für die Entwickelung der Flußschiffahrt gab es hier nicht den großen Spielraum wie jenseits, und an Befahrung der Meere dachte vorderhand noch niemand. Im Jahre 1820 gab es in ganz England erst 43 kleine Bugsier- und Personendampfer, und um diese Zeit gingen dergleichen auch schon auf der Elbe, Oder, Spree und Havel, auf Rhein, Donau und Bodensee. Es schritt nun aber die Entwickelung der Dampfschiffahrt alljährlich rascher vorwärts, und man wagte sich jetzt auch an die Aufgabe, das Seedampfschiff ins Leben zu rufen, was von seiten verschiedener Gelehrten für ein Ding der Unmöglichkeit erklärt worden war. Ein Seeschiff mußte notwendig eine Größe und Maschinenstärke haben, zu der man sich

estimating

death o'cold

breakneck

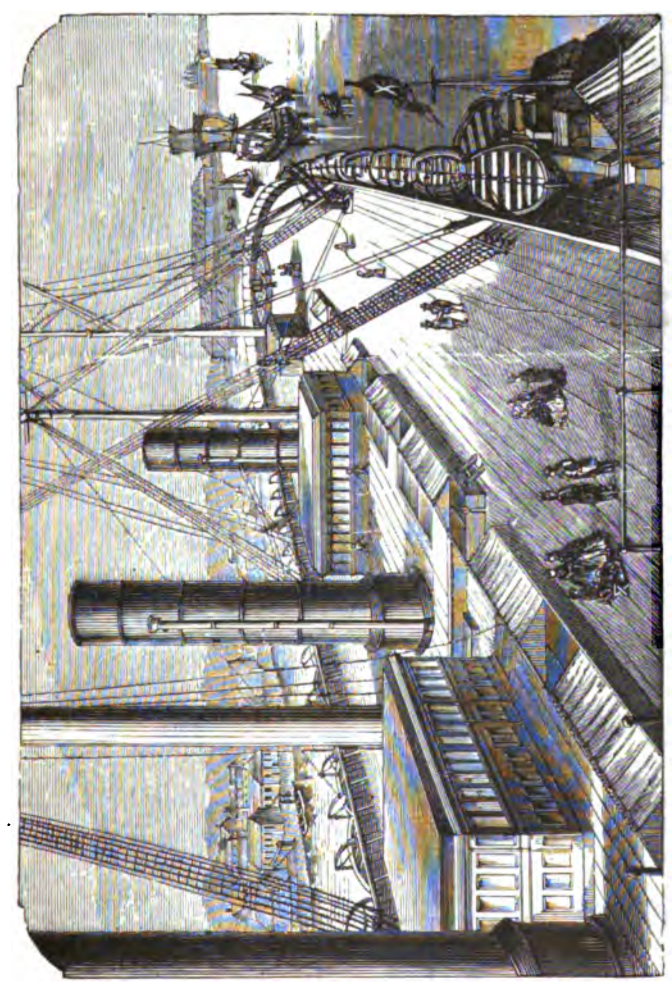
"fail"

small unit

crus chimney

scope

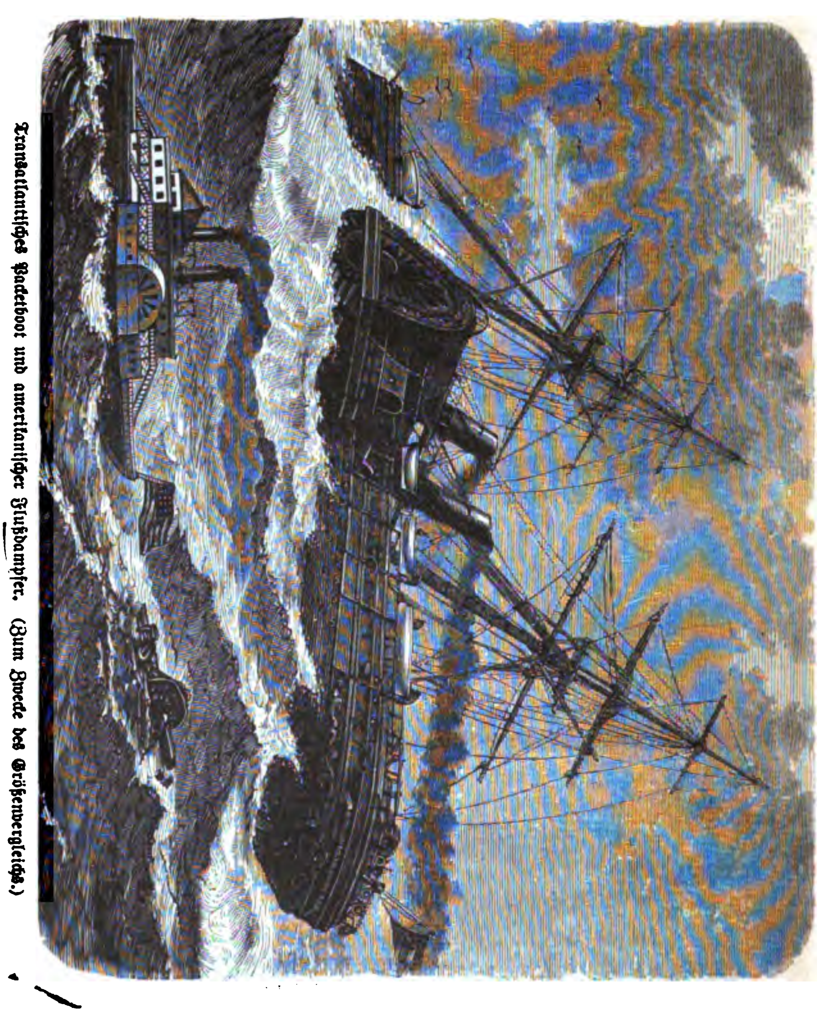
bis dahin noch nicht verstiegen hatte. Kleine Schiffe hätten zu einer Reise nach der neuen Welt ihren ganzen Laderaum mit Kohlen vollstopfen müssen; erst durch Vergrößerung der Fahrzeuge ist ein besseres Verhältnis und etwa noch die Hälfte des Raumes für andre Ladung zu gewinnen.



Das Hinterdeck des „Great Eastern".

Den Engländern mußten die Seedampfer wegen ihrer vielen überseeischen Beziehungen ganz besonders am Herzen liegen, und so wurde denn auch dort der Bau derselben am meisten fortentwickelt. Es war im Jahre 1838, daß der erste Dampfer nach Amerika ging, und seit diesem ersten

wirklichen Erfolge sind dann von Jahr zu Jahr neue Dampfschiffe erstanden, die an innerer Vervollkommnung wie an Größe immer mehr zunahmen, so daß jeder folgende seine Vorgänger stark überholte.



Transatlantisches Packetboot und amerikanischer Flußdampfer. (Zum Zwecke des Größenvergleichs.)

Im Jahre 1879 betrug die Zahl der Dampfschiffe aller seefahrenden Nationen zusammen die Zahl von 5897, wovon auf England allein 3542, auf die Vereinigten Staaten Nordamerikas 519, auf Frankreich 292 und auf Deutschland 244 kommen; zunächst folgt dann noch Spanien mit 214 und Schweden mit 194, Rußland mit 156 u. s. w.

considerably

ferry-boat

belong

according to necessity

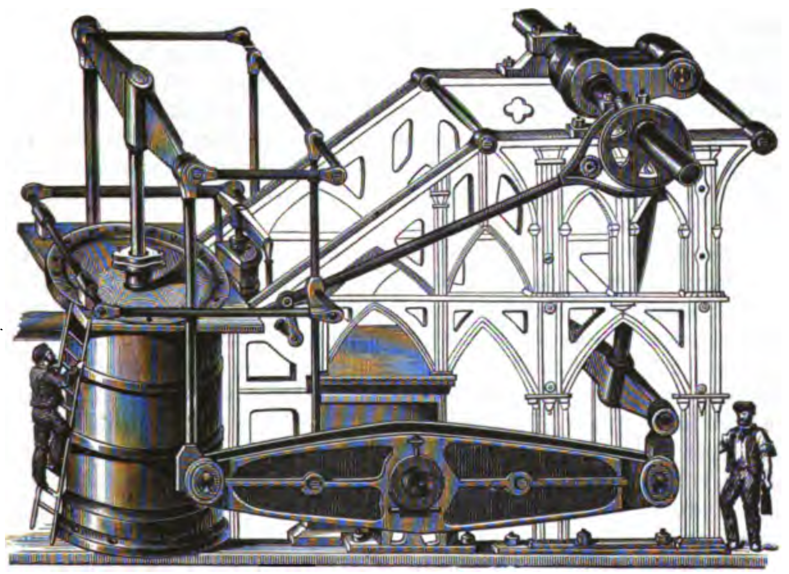
connection desired, you please —

riveting

wedging — cutting — splicing — dovetailing —

iron cramps

Die Neuzeit hat sich mit Vorliebe dem Bau von Eisenschiffen zugewendet, und es sind damit erstaunliche Resultate gewonnen worden. Eisen läßt sich stets nach Bedarf beschaffen; durch Schmieden, Walzen und Schneiden kann man demselben jede beliebige Form geben; seine Zähigkeit und Festigkeit sichert den Verband aller Teile des Schiffskörpers; die Vernietung ersetzt jede andre Verbindungsart, die beim Holz angewendet werden muß, wie Verkeilung, Kalfaterung, Spließung, Laschung u. s. w.; durch einfache Verbindungen von Blech- und Winkeleisen lassen sich alle Formen erreichen, welche der Bau verlangt.



Schiffsmaschine nach Watts System.

Durch Anbringung vernieteter wasserdichter Scheidewände wird das Eindringen des Wassers im Falle eines Lecks oder das Umsichgreifen des Feuers im Falle eines Brandes vollkommen verhindert, und überhaupt werden durch die Verdoppelung einzelner wichtiger Schiffsteile Schiffe hergestellt, die Sturm und Wogen auch in argen Fällen Trotz zu bieten vermögen. Besonders aber ist die Eisenkonstruktion auch für die Kriegsschiffe geeignet. Um die Geschwindigkeit zu steigern, mußte man die Betriebskraft für die großen Schiffe vermehren und bis auf 5000, 8000 und 10000 Pferdekräfte steigern. Eine Epoche im modernen Schiffsbau hat mit dem Riesenschiffe „Leviathan", nachmals „Great Eastern" genannt, begonnen. Dieses Schiff ist 220 m lang und 26 m breit und übertraf seiner Zeit alles, was bis dahin im Schiffsbau geleistet worden war. Die Einrichtungen des Baues setzen jeden Beschauer in Staunen durch ihre Schönheit und

Zweckmäßigkeit. Unser Bild zeigt das Hinterdeck. Der Schiffsraum ist durch Zwischenwände in 24 ganz getrennte Abteilungen geschieden, so daß jede Beschädigung immer nur einen kleinen Teil treffen kann. Die ungeheuern Eisenwandungen, gleichsam die Eisenhäute dieses Meerungeheuers, sind doppelt vorhanden und durch Zwischenräume von 3/4 m Durchmesser von einander getrennt, so daß gewissermaßen zwei Schiffe eins in das andre hinein gebaut sind. Selbst wenn die Wandung durchstoßen und alle Räume im Innern mit Wasser gefüllt wären, sind die zwischen den Decks liegenden wasserdicht verschließbaren Räume groß genug, Schiff und Ladung über Wasser zu halten. Das Fahrzeug ist also darauf angelegt, daß es gar nicht untergehen kann, so weit überhaupt menschliche Voraussicht dies zu verhindern vermag. Es wird aber auch jedem Winde in die Zähne fahren und in keinem Sturme schwanken, denn vermöge seiner Größe soll es die höchsten Wellenberge durchschneiden, immer geradeaus gehen und somit bei unruhiger See eine ebenso sanfte Fahrt gewähren als beim schönsten Wetter. Übrigens hat man erst jetzt sich wegen der Wellenberge näher erkundigt und erfahren, daß sie eigentlich nur in der Einbildung existieren. Die höchsten Meereswogen sollen etwa 5—7 m hoch sein.

An Passagieren kann das Schiff, ohne die Bemannung, 12000 beherbergen. Es wird gleichzeitig durch Räder und eine Schraube getrieben. Erstere haben einen Durchmesser von 17 m, so daß in jedem ein Kunstreiter bequem seinen Cirkus aufschlagen könnte. Fünf Maschinen von zusammen 12000 Pferdekräften setzen die Räder und die Schraube in Bewegung, die ein Kapitalstück von 1200 Zentner Gewicht ist; außerdem sind noch 6500 □ Yards Segel vorhanden. Das Schiff nimmt gleich auf einmal soviel Kohlen ein, als es für die Reise nach dem Osten und zurück bedürfen würde, also für 60—70 Tage, denn länger sollte die ganze Hin- und Rückreise zwischen England einerseits und Indien oder Australien anderseits nicht dauern.

Als dieses Meerungeheuer am 3. November 1857 vom Stapel gelassen werden sollte, zerrissen die Ketten, und die stärksten Maschinen bewiesen sich zur Bewegung des Kolosses unwirksam. Man mußte neue und stärkere konstruieren, hydraulische Pressen und Dampfböcke drängten von hinten, acht Barkschiffe zogen mit den riesigsten Flaschenzügen, welche jemals konstruiert wurden, davor, und gleichwohl konnte man auf der 95 m langen, schräg geneigten Bahn das Riesenschiff Tag für Tag, oft unter Zuhilfenahme der Nacht, nur einen Meter, oft selbst nur einige Zentimeter vorwärts bringen, bis endlich am 9. Dezember 1857 die rauschende und schäumende Hochflut der Themse den Riesenbauch des Leviathan umspülte, freilich ohne ihn selbst im geringsten zu rühren. Doch war das Schwerste gethan, und einige Wochen später, nach vierteljähriger Arbeit, nahm ihn die Themse auf ihren wuchtigen Rücken. Allein ihn vom Stapel zu lassen hatte über 100000 Pfd. Sterling gekostet, die Erbauung des Schiffes aber bereits über 1200000 Pfd., ehe es noch ausgebaut wurde. Die Aktien-

convenience

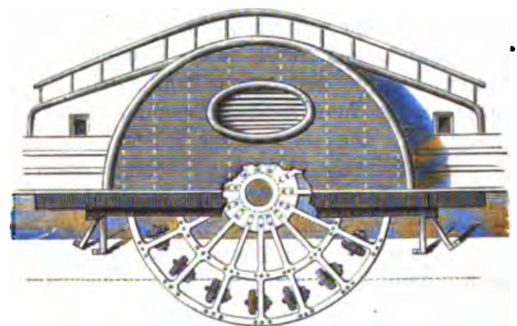
envelopes
doubly at hand, made ...

to be unsteady

... desired ...
main piece

(wind) stick or slips -
be ...
steam ... ? jack ?
pulley tackle

gesellschaft, welche den Bau unternommen hatte, löste sich auf und verkaufte das Riesenschiff an eine andre Gesellschaft, welche es vollendet hat. Am 8. August 1859 feierte man ein Fest auf dem ziemlich fertigen Schiffe, bei welchem 600 Gäste zugegen waren. Die Kessel wurden zum erstenmale geheizt, um den Gästen das Spiel der ungeheuern Schaufelräder und der riesigen Schraube zu zeigen, und alle waren überzeugt, daß das Schiff in der Stunde 20 englische Meilen (mehr als 4 deutsche) zurücklegen, also mit der Schnelligkeit unsrer Dampfwagen sich bewegen und die Reise von England nach Amerika in ungefähr 4 bis 5 Tagen zurücklegen werde, was freilich nicht so ganz eingetroffen ist. — Die schwimmende „Eisenstadt" hat ihre besondre Gasanstalt; außerdem werden die Außenwände des Nachts noch durch elektrisches Licht erleuchtet, so daß es wie ein ungeheures leuchtendes Meteor auf dem Meere dahinschießen und in weiter Ferne ringsum gesehen und — gemieden werden kann. Seine Eisenmasse ist so gewaltig, daß es jedes Kriegsschiff in den Grund zu bohren vermag. Endlich am 7. September 1859 ist das Riesenschiff die Themse hinabgefahren und am 8. September glücklich im offenen Meere angelangt.



Rad eines Dampfers.

Dies Riesenschiff war eine verfehlte Spekulation, die ihren Aktionären schwere Sorge verursacht. Es hatte keine feste Anstellung gefunden, wohl mit deshalb, weil sich nie volle Ladung für dasselbe zusammenfinden wollte. Auch beansprucht es nicht selten kostspielige Reparaturen. Seine bisherigen Beschäftigungen sind Extraarbeiten, so namentlich 1866 seine Mitwirkung beim Legen des Telegraphenkabels nach Amerika und später das nämliche Geschäft im indisch-chinesischen Meer. Bei Gelegenheit der großen Pariser Industrie-Ausstellung stellte es sich als Vermittler des erwarteten großen Zuflusses von Besuchern aus Amerika zur Disposition, machte aber auch hierbei schlechte Geschäfte und stellte bald seine Fahrten wieder ein.

Der „Great Eastern" bildet den einzigen Fall, daß die zweierlei Fortbewegungsorgane der Dampfschiffe, Schaufelräder und Schraube, vereint wirken, während sie sonst nur getrennt vorkommen; außerdem führen die Seedampfer, zumal die Schraubenschiffe, immer auch noch Masten und Segel, um in günstigen Fällen auch die Windkraft mit benutzen zu können. Zuerst wurden nur Räderschiffe gebaut; als Triebwerk ward die Wattsche Maschine benutzt. Sie mußte aber zu diesem Zwecke in den Teilen, welche die

Bewegung auf die Radwelle übertragen, entsprechend umgeändert werden. Es ist also, wie die Figur S. 89 zeigt, der hoch aufragende Ständer mit dem Balancier beseitigt und letzterer zu unterst der Maschine verlegt, und zwar doppelt, auf jeder Seite der Maschine einmal vorhanden. Die Kolbenstange trägt auf dem Kopfe ein Querstück, von dessen Enden Verbindungsstangen nach unten zu den Balanciers gehen. Die andern Enden der letztern sind wieder durch ein Querstück verbunden, und von der Mitte desselben aus geht nach oben die Lenkstange, welche in den Kropf der Radwelle eingreift und sie in Umdrehung setzt. Der hier angenommene Fall, daß die beiden Räder auf einer und derselben Welle festsitzen, findet aber nicht mehr allgemein, sondern vielmehr nur bei den kleineren Schiffen für Fluß- und Kanalfahrten statt; alle größeren, namentlich Seeschiffe, haben für jedes Rad eine besondere Maschine, und die Räder können somit verschiedene Geschwindigkeiten mitgeteilt erhalten und selbst in entgegengesetzten Richtungen umgetrieben werden. Das erstere und noch viel rascher das zweite Manöver bewirkt eine Wendung des Schiffes, und dieses erhält also durch die Unabhängigkeit der Räder voneinander eine viel bessere Lenksamkeit, als man solche durch das Steuerruder erreichen kann, welches Wendungen nur sehr allmählich in großen Bogen zuläßt, weil zwei verbundene Räder immer nur geradeaus laufen wollen.

Die Wattsche Niederdruckmaschine findet sich jetzt nicht mehr in Anwendung. Die Dampfer werden mit Hochdruckmaschinen ausgerüstet, welche weniger Raum einnehmen.

Die Räder der Dampfschiffe sind aus Eisen konstruiert und mit angeschraubten Schaufeln von hartem Holze versehen. Diese sind in solcher Anzahl auf dem Umfange verteilt, daß ihrer immer drei im Wasser gehen. Sie sollen auch nicht tiefer in dasselbe tauchen als sie selbst hoch sind. Beides aber kann begreiflich nur vorkommen bei ebenem Wasserspiegel; geht die See mit Sturm und hohen Wogen, so daß das Schiff wie eine Wiege schwankt, so hat der Räderdampfer seine Räder abwechselnd unter Wasser und in der Luft, und das gibt natürlich ein sehr schlechtes Fortkommen. Darum werden auch die Räderschiffe von der See immer mehr zurückgezogen und durch Schraubenschiffe ersetzt. Was etwa noch von Räderschiffen auf der See geht, sind nur solche, die man vollends ausnutzen will, weil sie einmal da sind, und dann kann es mitunter wohl kommen, daß ein solcher Amerikafahrer einmal vorzüglich ruhiges Reisewetter hat und eben deswegen in der Schnelligkeit der Überfahrt alle Schraubenschiffe aussticht. Die Gebiete aber, aus welchen die Räderdampfer nicht zu vertreiben sind, sind seichte Flüsse, Seen und Küstengewässer, weil sie sehr flach im Wasser gehen, wogegen der Apparat der Schraube viel tieferes Wasser verlangt.

Die archimedische Schraube oder der Schraubenpropeller war schon bei den allerersten Versuchen im Dampfschiffbau mit in Betracht gezogen, aber bald wieder aufgegeben worden zu gunsten der Schaufelräder, weil man an den Modellen nur winzig kleine Wirkungen von ihr erhalten konnte. Erst nach und nach lernte man einsehen, daß durch große Geschwindigkeit der

paddle shaft — ([illegible] frame with gallows frame [illegible] the entire frame

walking beam ([illegible] as in [illegible])

(radius bar (guide bar)) [illegible] [illegible] crank [illegible] pivot-neck

connecting rod (Pitman an Eng. term.) crank.

manageableness

[illegible]

distributed

[illegible]

naturally

is agitated

affords poor progress

[illegible]

lightness

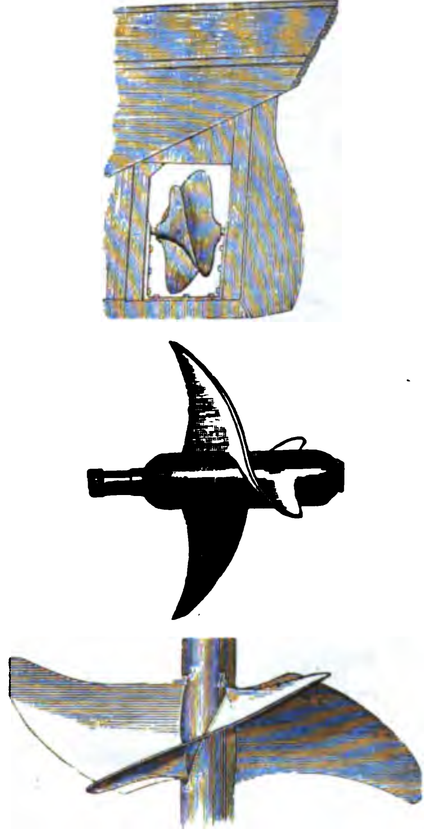
taken in [illegible]

distance

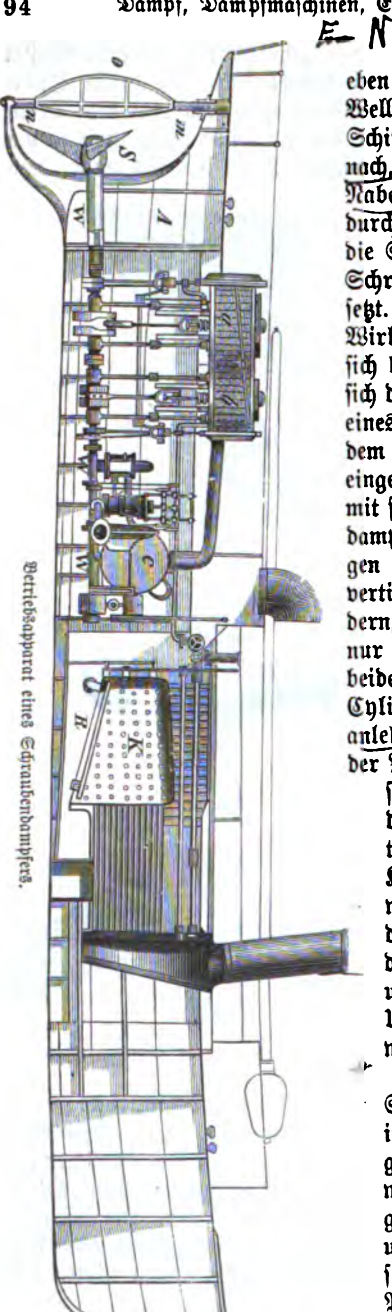
(xi) threat

in a result

Umdrehungen doch mehr zu erreichen sei. Die Schraube windet sich im Wasser fort wie der Nagelbohrer im Holz; nur besteht dabei der große Unterschied, daß Wasser kein Holz ist, sondern als beweglicher Körper dem Drucke ausweicht, also bei einmaligem Umgange der Schraube lange nicht so viel Fortrückung erreicht wird, als die sogenannte Höhe der Schraube, d. h. der Abstand von einem Gewinde zum andern, austrägt. Etwas Fortgang wird indes doch erreicht, und das ungewöhnlich rasche Umlaufen der Schraube hat dann zur Folge, daß aus den vielen kleinen Wirkungen doch eine ansehnliche Gesamtwirkung sich aufsummiert. Es drehen sich daher die Schiffsschrauben nach Umständen 100, 150 bis 180 mal in der Minute. An der Form der Schraube ist sehr viel geändert und gebessert worden, und es gibt ihrer eine große Auswahl. Wir wollen hiervon nur drei bildlich vorführen. Daß mit der Anzahl der Gänge an der Schraube die Wirkung sich nicht steigern läßt, wurde bald eingesehen. Die Schraube kann sich nur mit ihrer hintersten Fläche, welche am freien Wasser steht, von diesem abstoßen, und deshalb gab man ihr auch nur einen ganz kurzen Bau, in welchem nicht viel mehr als ein voller Gang nachzuweisen ist. Überhaupt ist die reine Schraubenform Nebensache, denn es kommt nur darauf an, daß das Instrument mit schiefen Flächen gegen das Wasser arbeitet. Dagegen steigert sich die Kraft, wie mit der Umlaufgeschwindigkeit, so auch mit der Größe der schiefen Flächen; je größer das Schiff, desto größer der Durchmesser der Schraube, $1\frac{1}{2}$, 3, 5 m und mehr. Ein Schraubendampfer sieht demgemäß einem gewöhnlichen Segelschiffe viel ähnlicher als ein Raddampfer, denn es fehlen ihm die breiten Ausbaue zu beiden Seiten, und sein Triebwerk liegt am Hinterteil unsichtbar im Wasser. Die Schraube peitscht zwar das Wasser nicht, wie die Räder es thun, quirlt es aber doch ganz gehörig, und das Schiff läßt einen starken Wasserschwall hinter sich.



Schiffsschraubenformen.



Betriebsapparat eines Schraubendampfers.

Beim Schraubenschiff handelt es sich eben auch nur um die Umdrehung einer Welle, aber dieselbe liegt in der Tiefe des Schiffes und begreiflicherweise der Länge nach, und zwar in mehreren Lagern oder Naben; ihr hinteres Ende geht wasserdicht durch die Schiffswand und trägt außerhalb die Schraube. Mehr nach hinten vor der Schraube ist dann das Steuerruder angesetzt. Die Schraube kann, wie gesagt, die Wirkung der Räder nur ersetzen, wenn sie sich bedeutend rasch dreht; ihre Welle muß sich demnach 3—5 mal öfter drehen als die eines gleich kräftigen Raddampfers, und dem entsprechend müssen auch die Maschinen eingerichtet sein, also ein rasches Kolbenspiel mit sehr kurzem Gange haben. Die Schiffsdampfmaschinen werden in verschiedenartigen Anordnungen konstruiert, bald mit vertikalen, bald mit schräg liegenden Cylindern, jedoch kommt diese letztere Anordnung nur bei kleineren Fahrzeugen vor. Die beiden nach unten gegeneinander liegenden Cylinder, welche sich an die Schiffsseiten anlehnen, arbeiten alsdann auf eine Kurbel der Propellerwelle. Viel häufiger als die schrägliegenden Dampfmaschinencylinder kommen im Schiffsbetrieb die vertikalen vor, welche alsdann mit ihren Kolbenstangen nach unten auf die rechtwinklig zueinander gestellten Kurbeln der Schraubenwelle arbeiten, so daß demnach keine toten Punkte vorkommen und die Kraft sich gleichmäßig bei jeder Umdrehung verteilt. Ein Schwungrad wird demnach unnötig.

Im allgemeinen ist der Bau der Schiffsmaschinen keine leichte Aufgabe, indem dieselben gewaltigen Anstrengungen ausgesetzt sind. Das Räderschiff kann wegen der sonst eintretenden Schwankungen keine gehörig hohen Masten führen und also auch von Segeln keinen wirksamen Gebrauch machen, wenn auch in der Praxis meist einige Segel aufgespannt werden. Das Schraubenschiff, das ver-

of course — you understand — it is to be comprehended (understood) that — long course (series of bearings or [illegible])

course, journey [illegible]
orders — arrangements [illegible]

crank
are supported against the bottom [illegible]

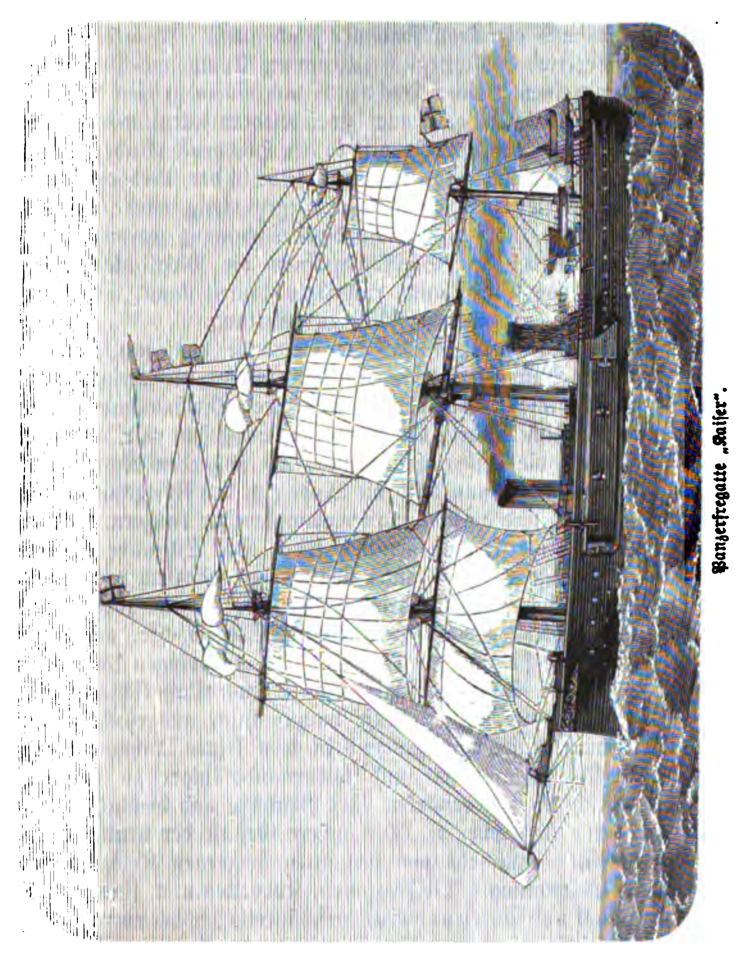
navigation —

[illegible]

otherwise
really — of [illegible]

complete masts & rigging
relieving each other - alternating

möge seiner tief liegenden Maschinerie sicherer und standhafter im Wasser geht, kann dagegen volle Bemastung und Betakelung tragen und also von günstigen Winden, unter Ersparung von Kohlen, bestens Gebrauch machen. Es hat also zwei sich ablösende Triebkräfte zur Verfügung.



Panzerfregatte „Kaiser".

Schiffe, die darauf eingerichtet sind, heißen gemischte; sie gebrauchen die Schraube nur bei Windstillen und Gegenwind, sowie beim Lavieren, und lassen sie bei günstigem Winde ruhen. Da aber das bewegungslose Stück beim Schleppen im Wasser den Lauf des Schiffes selbst wieder erschweren würde, so hebt man sie bei solchen Gelegenheiten über die Wasserfläche empor. Das S. 94 gegebene Durchschnittsbild eines Schraubendampfers

zeigt dessen innere Einrichtung. A ist das Hinterschiff, S die vierflügelige Schraube (Propeller), welche auf der Welle W sitzt; m n ist die Achse des Steuerruders o; a und b sind die Dampfmaschinencylinder; C ist der Kondensator, K der Dampfkessel und R der Rost.

Die Maschine ist nach dem sogenannten Hammersystem gebaut, d. h. sie wirkt ähnlich wie ein Dampfhammer nach unten. Neuerdings werden für den Schiffsbetrieb ausschließlich sogenannte Compound-Maschinen benutzt, welche aus einem kleinen Hochdruck- und einem großen Niederdruckcylinder bestehen; zuweilen sind auch zwei Niederdruckcylinder vorhanden. Der Dampf tritt aus dem Kessel zuerst in den Hochdruckcylinder, und nachdem er in demselben gewirkt hat, strömt derselbe in den Niederdruckcylinder über, um darin weiter zu expandieren. Gegenwärtig wird zum Schiffsbetrieb Dampf von 6 bis 8 Atmosphären Spannung verwendet. Eine Hauptbedingung ist bei den Schiffsmaschinen die Möglichkeit der Umsteuerung, damit das Schiff auch rückwärts laufen kann, jedoch kommt dieser Rücklauf meist nur in den Häfen zur Geltung.

Bei den Kriegsschiffen war die Schraube hoch willkommen und fand die rascheste Aufnahme, denn ein Raddampfer als Kriegsschiff war erstlich ein sehr hilfloses Ding, da sein treibender Mechanismus immer zu allererst durch feindliche Kugeln der Zerstörung ausgesetzt war, und zweitens nahmen die Räder die besten Plätze weg, wo außerdem Kanonen stehen mußten. Überdies riß ja nun bald die Mode ein, den Kriegsschiffen eiserne Panzerung zu geben, und die Räderkasten genugsam zu panzern, würde doch ein aussichtsloses Unternehmen gewesen sein. Die Schraube dagegen ist schon durch ihre Lage 2—3 m unter Wasser fast gänzlich vor Geschossen sicher; freilich hat sie andre unscheinbare Feinde, die ihr aber gleichwohl den Untergang zu bringen vermögen, nämlich Seegewächse, mit denen sie sich umstrickt und die sie zum Stillstand und Bruch bringen können.

Das gepanzerte Schraubenschiff also ist das Wasserschlachtroß, mit welchem die Seekämpfe der Zukunft hauptsächlich ausgefochten werden sollen. Ungeheuere Anstrengungen sind in dem letzten Jahrzehnt gemacht worden, diese Kolosse angriffs- und widerstandsfähiger zu machen, die Kraft ihrer Maschinen zu verstärken, ihre Geschütze und Geschosse schwerer, ihre Panzer dicker zu machen 2c. Die äußere Gestalt der heutigen Kriegsschiffe sticht meist ebenso sehr von den alten hölzernen Kriegsschiffen ab, wie die innere Einrichtung. Die Fregatten, Korvetten u. a. sind gewöhnlich niedrig und schlank und führen nur eine Geschützreihe; höher aufragende Panzerschiffe mit zwei Geschützreihen übereinander baute man anfangs wohl auch, jedoch ist man davon wieder abgekommen, weil dieselben zu schwerfällig werden. Andre Umrisse zeigen die eigentlichen Widderschiffe, die nur wenige sehr schwere Geschütze führen und außerdem sehr auf den Stoß berechnet sind, so nämlich, daß sie selbst mit voller Kraft auf ein Feindesschiff anrennen und demselben durch eine mächtige Spitze (Sporn) oder scharfe Kante eine tödliche Wunde unter Wasser beibringen sollen. Dieses Aufrennen gegen

afterpart – stern,
grating – protectors
ortkead or hammer engines

reversal

acceptance

spread

upon

marine plants

ironclad

~~ss~~' or ~~vessel~~ –
(ns)(ng) guns + missiles –
(ms)

devoted

unwillingly

a collision – shed. battering

projection

battering weapon

availability, martial equipment

stress

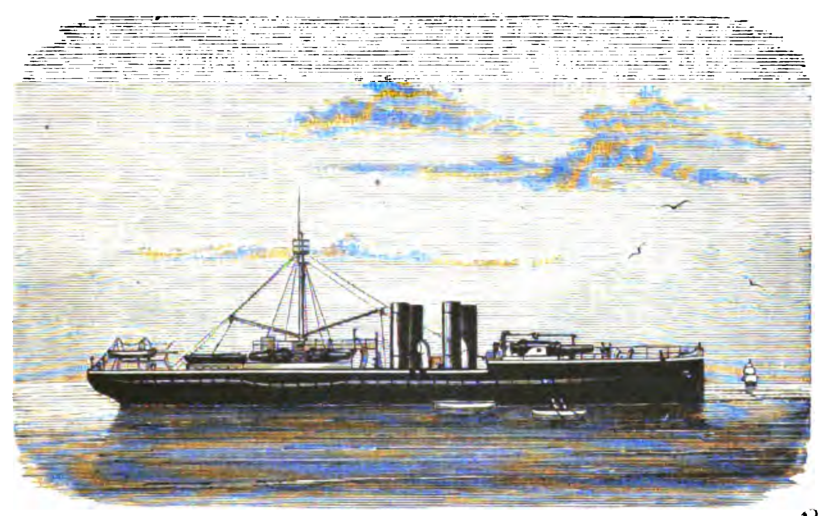
for attack (aggressive) fighting corvette

[illegible]

manoeuvrability ([illegible] in certain fortunes)

einander war schon im Altertum ein beliebtes Manöver, als die Flotten des Mittelmeeres noch hölzerne, von Menschenarmen geruderte Galeeren waren. Jetzt soll Eisen gesprengt werden, und hierzu macht man die Stoßwaffe von Stahl oder Bronze.

Es dürfte unsern Lesern wohl von Interesse sein, etwas Näheres über die „Deutsche Flotte“ zu erfahren, die — wenn auch noch an Zahl der Schiffe und Kanonen geringer, als die viel älteren Flotten Englands und Frankreichs — an Kriegstüchtigkeit verhältnismäßig keiner Flotte nachsteht, eher wohl alle andern an Offensivkraft der einzelnen Schiffe übertrifft, indem bei deren Bau hauptsächlich auf große Fahrgeschwindigkeit, Manövrierfähigkeit sowie auf kräftige und vielseitige Armierung Gewicht gelegt wurde.



Gepanzerte Ausfallkorvette „Sachsen“.

Am Ende des Jahres 1881 zählte die deutsche Flotte an Panzerschiffen 22, an nichtgepanzerten Schiffen 26. Ihr stärkstes Schiff ist das Batterieschiff „König Wilhelm“ mit 8000 Pferdestärken und 23 cm Panzerung; an Geschützen führt dieses Schiff 18 Kanonen von 24 cm und 5 Kanonen von 21 cm Kaliber. Ihm zunächst steht das Kasemattschiff „Kaiser“, welches wir im Bilde zeigen; an Pferdekraft und Panzerung ist dasselbe ebenso stark, aber an Kanonenzahl bedeutend schwächer, sofern es nur 8 Geschütze von 26 cm und 1 von 21 cm führt. Der Unterschied zwischen Batterieschiff und Kasemattschiff liegt darin, daß das erstere die Geschütze auf dem zweiten Deck in der ganzen Länge der Breitseiten verteilt, das zweite aber nur mit einer besonders stark gepanzerten Zentralbatterie versehen ist, wie auch unser Bild erkennen läßt. Ein zweites ebenso starkes Kasemattschiff der deutschen Marine ist „Deutschland“

getauft. Etwas schwächere Batterieschiffe sind „Friedrich Karl“ und „Kronprinz“ mit 4000 bis 5000 Pferdestärken und 16 Kanonen von 21 cm Kaliber; hiernach kommen die Turmschiffe „Friedrich der Große“, „Preußen“ und „Arminius“, die auf dem Oberdeck mit einem dick gepanzerten drehbaren Turme versehen sind, worin Geschütze stärksten Kalibers sich befinden. Übrigens werden diese Turmschiffe sowie die gepanzerten Batterie- und Kasemattschiffe als zu schwerfällig nicht mehr gebaut. Zu einer leichteren Art von Schiffen gehört die Korvette „Hansa“ von 3000 Pferdestärken mit 8 Kanonen auf dem Oberdeck und Vollschifftakelung mit drei Masten und Raaen. Besonders rasche Fahrer und zur kräftigsten Offensive bestimmt sind die vier Ausfallkorvetten „Bayern“, „Sachsen“, „Württemberg“ und „Baden“, von je 5600 Pferdestärken mit 6 Geschützen von 26 cm auf dem Oberdeck, von denen wir im Bilde das flotte Schiff „Sachsen“ vorlegen. Nicht zu verachtende Gegner im Angriff, selbst den stärksten Panzerschiffen gegenüber, sind die raschen Kanonenboote, die zwar nur je mit einem Geschütze versehen sind, das dafür aber stark genug ist, um die stärksten Panzer mit seinem Geschosse durchzuschlagen.

Infolge des bei unsrer Marine zur Geltung gekommenen Grundsatzes, das Hauptgewicht auf die Offensivkraft der Schiffe zu legen, hat man auch eine größere Anzahl rascher, rammfähiger nicht gepanzerter Schiffe, teils aus Holz, teils aus Eisen, teils in gemischter Bauart von Holz und Eisen hergestellt. Hierher gehören 11 gedeckte Korvetten mit 12—17 leichteren Geschützen unter Deck und Maschinen von 2000—3000 Pferdestärken, ferner 8 Glattdeckskorvetten, mit 6—8 leichteren Geschützen auf dem Deck und 1500 bis 2500 Pferdestärken; endlich 8 Avisos mit 1—2 Geschützen und der sehr variabeln Maschinenkraft von 400, 600, 1000—3000 Pferdestärken, welche stärkste Kraft und demzufolge größte Geschwindigkeit der Aviso „Hohenzollern“ aufweist. Diese flotten Fahrzeuge dienen zum Auslugen, Rekognoszieren und zu Depeschendiensten bei der Flotte. Nebenbei bilden noch eine größere Anzahl hölzerner, aber sehr seetüchtiger und kampffähiger Kanonenboote, Schulschiffe, Torpedofahrzeuge, Minenleger, Transportfahrzeuge, kleiner Dampfer zum Hafendienste und Kasernenschiffe einen Bestandteil der deutschen Marine.

Von Bedeutung für die Entwickelung des Seekriegswesens war seiner Zeit der große Bürgerkrieg zwischen den Nord- und Südstaaten der amerikanischen Union im Jahre 1861. Zum erstenmale trat hier das gepanzerte Turmschiff oder der Monitor auf, das nach der Idee des auch durch andre Leistungen bekannten schwedischen Technikers Ericsson gebaut war. Diese Art Kriegsschiffe haben einen oder auch zwei eiserne drehbare Türme, in welchen sich nur wenige, aber um so stärkere Geschütze befinden. Der Unterbau ist sehr niedrig, alles natürlich dicht gepanzert. Das erste von Ericsson gelieferte Turmschiff trat unter den folgenden Umständen zum erstenmale in Aktion und bewies damit glänzend seine Überlegenheit: Zwei Fregatten, drei Dampfer und eine Eskadre kleinerer Fahrzeuge der Nordstaaten

full shiprigging

yards- Raa (f.)

nimble, lively active- swift-

gunboats

covered-

flushdeck

despatch boat

seagoing ready for [illegible]

marine warfare

substructure

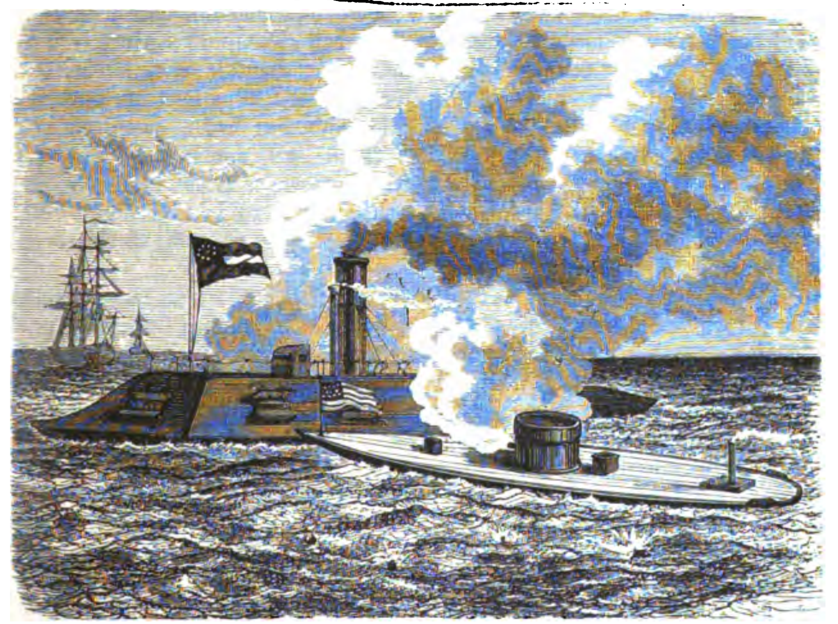
[illegible]

[illegible] ~~blow~~ shot ~~stunning~~

among

([illegible] him)

befanden sich zum Schutze von Monroe unfern dieser Bundesfeste auf der Reede vor den Hampton-Roads. Plötzlich ertönt der Alarmschuß von der Wache, und vom Deck des „Cumberland" sah man eine Flotille der Rebellen nahen, in ihrer Mitte ein seltsames Fahrzeug mit schrägem Dach und langem stählernen Widder. Der „Cumberland" feuerte, doch die dunkle Eisenmasse regt sich nicht. Alle Kugeln prallten von ihr ab; — plötzlich aber donnerte ein Schuß und fegte sechs Leute vom Deck des „Cumberland", dann steuerte der „Merrimac" — so hieß das Widderschiff — gegen die übermächtig erscheinende Fregatte und brachte ihr einen erschütternden Stoß bei.



Monitor und Merrimac im Kampf.

Hierauf wich das Ungetüm von Eisen langsam zurück, ging dann wieder vor und stieß von neuem zu. Jedesmal trug der „Cumberland" ein Loch davon. Der „Merrimac" fuhr fort zu feuern. Schrecklich zeigte sich die Wirkung für das arme Holzschiff. Die Unionsfregatte sank. Jetzt steuerte der „Merrimac" gegen den „Kongreß" los und zwang ihn, sich zu ergeben; auch die Fregatte „Minnesota" erhielt den Todesstoß. Dann erst zog sich das Eisenschiff zurück.

Gleiches Schicksal bedrohte den Rest der Flotte am andern Tage. Da nahte in dunkler Nacht der Erretter vom Untergang. Bei den Unionisten war von New York gleichfalls ein eigentümliches Schiff eingetroffen. Es erschien wie ein eisernes Floß und glich einem kolossalen breitkrämpigen Hute. Auf dem Fahrzeuge war nichts bemerkbar, als der bewegliche, sich

um sich selbst drehende Turm mit nur 2 Geschützen, die jedoch 184 pfündige Geschosse abfeuerten. Beim Flammenschein des brennenden „Kongreß" legte der „Monitor" sich vor Anker. Der „Merrimac" bemerkte anfänglich den neuen Gegner nicht. Als er sich jedoch aufmachte, der „Minnesota", die gestrandet, den Rest zu geben, gelang es dem unscheinbaren Floß, in seinen Rücken zu kommen.

Der „Merrimac" beachtete es nicht, bis ein Schuß im Gewichte von beinahe 2 Zentnern seinen Bau bis zum untersten Kiel erschütterte. Entschlossen legten sich nun die zwei eisernen Ungetüme einander gegenüber, aber sie schienen beide unverwundbar. Der „Merrimac" wollte noch einmal gegen die „Minnesota" anlaufen, doch der „Monitor" versperrte ihm den Weg. Letzterer empfing von seinem Gegner mehrere harte Stöße, der Widder glitt indessen an den glatten Wänden des „Monitor" ab, und der „Merrimac", nachdem er sich vergeblich bemühte, den Gegner zu entern, erhielt eine schwere Verletzung unter der Wasserlinie, und er floh, nachdem der Kampf fünf Stunden gedauert hatte. Nach dieser Probe gelangten die Turmschiffe überall zu Ansehn und vermehrten sich rasch, neuerdings sieht man jedoch ein, daß es wenigstens für die Offensive noch überlegenere Schiffskonstruktionen gibt.

Nach der Einführung der Panzerschiffe lagen bis jetzt Panzer und Kanonen miteinander im Wettkampfe. Beider Dimensionen sind stetig gewachsen. Man baute Schiffe mit etwa 25 cm starkem und noch stärkerem Panzer aus bestem gewalzten Eisen, das auf ebenso starken oder noch stärkeren Holzhinterlagen ruht. Dagegen konstruiert man Kanonen, die Panzerung und Holzhinterlagen glatt durchschlagen. Fast könnte man annehmen, daß es in dieser Beziehung keine Grenze geben wird; macht man die Panzer noch so stark, die Kanonen bleiben nimmer zurück, und darum ist es noch am wahrscheinlichsten, daß sie zuletzt den Sieg davontragen werden. Von welch gewaltiger Wirkung sind die Kruppschen Stahlkanonen! Sie durchschlagen den stärksten Panzer glatt, und trotzdem kann ihre Kraftäußerung jedenfalls immer noch mehr gesteigert werden. Deshalb ist man neuerdings zu der Überzeugung gelangt, daß weniger starke oder auch gar nicht gepanzerte aber flinke Fahrzeuge mit starken Kanonen im flotten Angriffe leicht das Übergewicht über die schwerfälligen Panzerkolosse gewinnen können.

Man hat erkannt, daß die Stärke der Panzerschiffe nicht in ihren Breitseiten, sondern im Buge, d. h. im Sporn oder in der Ramme, liegt. Den Rammen ist also im modernen Seekriege die erste Rolle, den Kanonen erst die zweite Rolle zugedacht. Die Taktik der Panzerschiffe soll daher die entgegengesetzte der Segelschiffe sein, und es muß demnach die Schlachtordnung so eingerichtet werden, daß die Schiffe dem Feinde zuerst mit dem Sporn zu Leibe gehen. Indessen sind vollgültige Regeln dafür noch nicht festgestellt, denn neben einigen kleineren Seegefechten, wie im amerikanischen Bürgerkriege und neuerdings im Kampfe zwischen Chile und Peru, hat nur erst eine einzige größere Seeschlacht stattgefunden. Es war dies die bei Lissa,

fiery light

cast

unfolding ... friendly ... touch

the ... unseen ... smoke ...

graphite ... board

come ...

backing ... temper ... weight

cut ...

Dynamite ...

Harbor ...

it ...

get at the ...

globe ...

came together

of ancient

gunboats.

(n.) caliber
"Clearly ... "

... sailed

wo am 20. Juli 1866 die aus 27 Fahrzeugen mit 526 Kanonen und 7492 Mann bestehende österreichische Flotte mit der aus 34 Fahrzeugen mit 656 Kanonen und 10706 Mann bestehenden italienischen Flotte zusammengeriet. Die Österreicher hatten 7 Panzerschiffe mit 173 Kanonen, die Italiener 12 Panzerschiffe mit 248 Kanonen; der übrige Teil der Flotten bestand aus ungepanzerten Schiffen und Kanonenboten. Die Österreicher waren die Angreifer und gingen bei stürmischem Wetter früh am Morgen gegen die bei Lissa ankernde stärkere italienische Flotte unter ihrem Admiral Tegetthoff kühn vor. Der Seegang war so stark, daß die kleineren Panzerschiffe ihre Stückpforten schließen mußten; gegen 10 Uhr hellte sich jedoch das Wetter auf und die See ward ruhiger. Nicht nur an Schiffs- und Geschützzahl waren die Italiener den Österreichern bedeutend überlegen, sondern auch an Qualität der Geschütze, denn sie hatten eine größere Anzahl Armstrongs vom stärksten Kaliber.

Um 10 Uhr 30 Minuten ließ Tegetthoff vom Admiralschiff das Signal „Klarschiff zum Gefecht“, Formation: „Angriffswinkel in drei Divisionen“ geben. Die Panzerschiffe erhielten das Signal, „den Feind anlaufen, um ihn zum Sinken zu bringen“. Während demnach die österreichische Flotte im spitzwinkeligen Keil vorwärts ging, bildete die italienische Flotte die altmodische Kiel- oder Frontlinie, um ihre allerdings furchtbaren Breiseiten zur Wirkung zu bringen. Das österreichische Geschwader ließ sich dadurch nicht abschrecken, sondern dampfte mit voller Maschinenkraft, voran Admiral Tegetthoff auf dem „Ferdinand Max“, gegen die italienische Schlachtlinie, deren Breitseiten ihre Geschütze spielen ließen. Die Österreicher antworteten wohl ebenfalls Schuß auf Schuß, aber eine noch bessere Antwort gaben ihre Rammen, denen das feindliche Admiralschiff „Re d'Italia“ bald unterlag, und ein zweites großes italienisches Panzerschiff, „Palestro“, wurde in Brand geschossen. Die ganze italienische Schlachtordnung wurde von dem Keil der österreichischen Schiffe durchbrochen und in die größte Unordnung gebracht — kurz, der glänzendste Sieg über einen starken und durch seine Ausrüstung mächtigen Feind war errungen.

Hiernach scheint allerdings die keilförmige Angriffsweise der Panzerschiffe die beste Taktik zu sein, und mit bezug hierauf hat einer unserer tüchtigsten Seemänner, der rühmlichst bekannte Kapitän Werner, vorgeschlagen, Keile von drei Schiffen zum Angriff zu verwenden, um die größte Beweglichkeit bei genügender Stärke zu erhalten.

Doch verlassen wir diese auf Krieg und Zerstörung berechneten Anstalten mit dem Wunsche, daß sie so wenig und selten wie immer möglich in Gebrauch kommen mögen, und freuen wir uns vielmehr der Segnungen, welche das Dampfschiff dem friedlichen Völkerverkehre in immer reicherer Fülle bringt. Durch die Dampfschiffahrt werden die Länder der Erde einander gleichsam näher gerückt; die sie trennenden ungeheuern Wasserwüsten mit ihren Stürmen, widrigen Winden und Windstillen werden jetzt mit einer Raschheit und Sicherheit überschritten, wie es noch im vorigen

Jahrhundert kein Mensch für möglich gehalten hätte. Die Dampfkraft führt uns jetzt rings um die Erde, und eine Reise um die Welt ist nur noch ein Ausflug. Weil das Dampfschiff an der amerikanischen Küste nicht weiter kann, trägt uns die Lokomotive an die andre Seeseite, rechts auf der großen Pacificbahn oder links über die schmale Landenge von Panama, und dann kann es zu Wasser wieder weiter gehen nach Japan, China, Indien, durch das Rote- und Mittelmeer u. s. w. Am großartigsten entwickelt ist der Dampferverkehr natürlich zwischen uns und Amerika. Kein Tag vergeht, an dem nicht Schiffe aus jenem Weltteil in europäische Häfen einliefen, und in jenseitigen Häfen dergleichen von unsrer Seite anlangten. Nach Nordamerika kann man jetzt in $7^1/_2$, wenn es lange dauert in $9^1/_2$ Tagen gelangen. Viele regelmäßige Dampferlinien bestehen jetzt zwischen Europa und Nordamerika, viele andre zwischen hier, Mittel- sowie Südamerika. Dabei ist Deutschland durch die schönen Schiffe der Hamburg-Amerikanischen Dampfschiffahrtsgesellschaft und des Norddeutschen Lloyd in Bremen würdig vertreten, und auch Stettin hat sich mit einer neuen Linie an der Überbrückung des Ozeans beteiligt. Die großen englischen Dampfschiffahrts-Gesellschaften gehen jedoch stets voran, und in dem Bestreben, mit den atlantischen Dampfern die stärksten Geschwindigkeiten, den höchsten Komfort und die größte Sicherheit zu verbinden, wetteifern sie mit einander. Jede sucht unter ihren zahlreichen Dampfern die größten, schönsten und schnellsten zu besitzen. So stellte die Inman-Dampfergesellschaft im vorigen Jahre den schönen Dampfer „City of Rome" in Betrieb, welcher nach dem Great Eastern das größte Schiff der Welt ist; denn während letzteres $207{,}5$ m Länge bei $25{,}3$ m Breite und $18{,}3$ m Rumpfhöhe mißt, hat die City of Rome $178{,}6$ m Länge, $16{,}2$ m Breite und $16{,}2$ m Höhe; dabei trägt das Schiff 8000 Tonnen Last und hat Maschinen von 10000 Pferdestärken, die dasselbe mit etwa 17 Knoten (= $4^1/_4$ deutsche Meilen in der Stunde) Geschwindigkeit durch die Wogen treiben. Etwas kleiner, aber noch stärker ist der Dampfer „Servia" der Cunardgesellschaft. Seine Maschinen arbeiten mit $6^1/_2$ Atmosphären Dampfdruck und leisten 1200 Pferdestärken, indem sie das große Fahrzeug mit 18 Knoten (= $4^1/_2$ deutsche Meilen in der Stunde) Geschwindigkeit treiben, wobei die Schraube 53 Umdrehungen in der Minute macht. Das Schiff trägt 3500 Tonnen Last im Ladungsraum und 1700 Tonnen Kohlen; durch diese Last wird der Kiel etwa 8 m tief eingetaucht.

Man ist neuerdings zu der Überzeugung gekommen, daß ein Überschreiten der Länge von 160—170 m bei Schiffen nicht rätlich ist; desto mehr Gewicht ist aber auf die Ausrüstung mit kräftigen, gut gebauten Maschinen zu legen.

Wenn auch der Great Eastern diese Schiffe noch um ein Bedeutendes an Größe übertrifft, so nehmen diese doch hinsichtlich ihrer Maschinenkraft und der daraus resultierenden Geschwindigkeit, sowie an bequemer und eleganter Ausstattung einen weit höheren Rang ein.

set - put



Blitzschlag in einen Baum.

Elektrizität, Galvanismus und Elektromagnetismus.

Unkultivierte Menschenstämme, sogenannte Naturvölker, lebten und leben auf der Erde gleichsam als Fremdlinge; sie sehen von dem sie umgebenden Naturleben nur die Außenseite, wissen und ahnen nichts von den darin waltenden Kräften und Gesetzen, von Zusammenhang und Harmonie des großen Ganzen der Natur. Gleichgültig für die Schönheiten derselben, werden sie nur von den schreckenden und Schaden bringenden Erscheinungen in ihr ergriffen; ihr Naturgefühl ist vor allem Furcht, und ihre Phantasie bevölkert die Natur mit bösen Dämonen und Gespenstern.

Völker mit höheren geistigen und Gemütsanlagen schufen sich Naturreligionen oder Mythologien, indem sie die auffälligsten Naturerscheinungen

als Wirkungen und Äußerungen bestimmter Gottheiten betrachteten. Mit dieser Anschauung verträgt sich eine wissenschaftliche Naturforschung ebenfalls nicht, denn wer die Sonne als eine Gottheit verehrt, kann ihr nicht mit Fernröhren zu Leibe gehen, und wer in Blitz und Donner die Zornesäußerungen Jupiters erkennt, für den ist die Frage, was ein Gewitter sei, schon gelöst. Darum waren auch die alten Griechen und Römer, bei all ihrer Bildung in anderen Dingen, doch nichts weniger als Naturforscher; es fehlte ihnen alles Interesse für Lösung physikalischer und chemischer Fragen. Die anziehende und abstoßende Kraft geriebenen Bernsteins, die Zugkraft des Magnetsteins dem Eisen gegenüber waren schon Jahrhunderte vor Christo bekannt, ohne daß daraus für die Wissenschaft oder die praktische Anwendung etwas gefolgt wäre. Nur der Name Elektrizität ist dem Altertum entnommen. Die Griechen nannten den Bernstein Elektron, und sonach bedeutet der daraus von dem Engländer Gilbert gebildete Name soviel wie Bernsteineigenschaft.



Guerickes Elektrisiermaschine.

Das Altertum hat uns also an physikalischen Kenntnissen soviel wie nichts hinterlassen, und alles hierin Erworbene nebst den vielfach wichtigen Anwendungen für die Praxis gehört der neuern Zeit, etwa seit 1600 an. Tausende von Gelehrten und Technikern des Abendlandes haben durch unermüdliche Forschungen und Versuche zu der Vermehrung des Schatzes von Wissen und Können beigetragen, und die des 19. Jahrhunderts nicht am wenigsten, denn ihnen blieb gerade das Schwierigste zur Bearbeitung vorbehalten. Licht, Wärme, Elektrizität, Magnetismus wurden noch im vorigen Jahrhundert als selbständige Stoffe oder Elemente betrachtet, die aber den anderen gegenüber die Eigenheit hatten, sich nicht wägen zu lassen; man nannte sie daher Imponderabilien, gewichtlose Stoffe. Jener Anschauung entstammen auch die noch gebrauchten Ausdrücke elektrisches Fluidum, elektrischer oder galvanischer Strom ꝛc. Heutzutage faßt man diese Dinge anders auf und ist zu der Überzeugung gelangt, daß die vermeintlichen gewichtlosen Stoffe gar keine solchen, sondern nur Wirkungen der gewöhnlichen Stoffe sind, die sich unter gewissen Umständen äußern und die man alle auf Vibrationen, d. h. Schwingungen ihrer kleinsten Massenteilchen (Atome), zurückführt. Wie der Ton handgreiflich durch Schwingungen eines tönenden Körpers entsteht, so sind Atomschwingungen auch die Ursache der Wärme, des Lichts und sehr

Mack

absolutely to work out

wahrscheinlich auch der Elektrizität. Zu solcher Annahme in Bezug auf letztere nötigt schon der enge Zusammenhang oder die nahe Verwandtschaft, in der alle jene Erscheinungen oder Kräfte zu einander stehen, so daß sie wie Zweige eines Stammes oder Variationen einer und derselben Grundkraft sich verhalten. Daher denn auch die leichte Thunlichkeit, die eine Kraft durch die andre hervorzurufen oder eine in andere zu verwandeln. Elektrizität erzeugt Wärme, Licht und Magnetismus; der letztere und die Wärme bringen umgekehrt jedes für sich wieder Elektrizität hervor.

Die Elektrizität ist eine ebenso allgemeine Erscheinung wie Licht und Wärme; aber während die Lehre von diesen beiden schon zu einem gewissen Abschluß gekommen ist, bildet die erstere immer noch ein kaum halb gelöstes Rätsel, und wir können daher auch die Kunstausdrücke der alten Elektrizitätslehre noch nicht mit besseren vertauschen. Anfangs kannte man bloß die durch Reiben entwickelte Elektrizität, jetzt wissen wir, daß dieselbe noch in mancher andern Weise: durch Erwärmung, durch chemische Thätigkeit, magnetischen Einfluß, durch bloße Berührung verschiedenartiger Körper, durch Verdunstung sowie durch Verdichtung von Dünsten, durch Zerreißen und Zerbrechen von Körpern hervorgerufen wird. Überhaupt läßt sich behaupten, daß jede Änderung oder Störung, welche ein Körper in der Anordnung seiner kleinsten Teile erleidet, sei die Veranlassung Hitze, mechanische Kraft, chemische Wirkung oder irgend eine andre, stets das Auftreten von Elektrizität zur Folge hat. Im Tier- und Pflanzenleben spielt dieselbe wahrscheinlich eine wichtige Rolle, über die wir aber noch ganz im Unklaren sind. Bei jeder Muskelanspannung, die wir vornehmen, wird Elektrizität rege, wie sich durch geeignete Instrumente deutlich nachweisen läßt. Von den elektrischen Vorgängen im Luftkreise, welche nie ganz fehlen und im Gewitter ihren stärksten Ausdruck finden, wird später noch die Rede sein.



Anziehende Kraft der Elektrizität.

Erst gegen Anfang des 17. Jahrhunderts begann man sich mit Untersuchungen über die Bernsteinkraft zu beschäftigen. Der englische Arzt Gilbert entdeckte, daß außer dem Bernstein auch noch andere Körper durch Reiben mit Seide, Wolle u. dgl. in den Zustand versetzt werden können, daß sie leichte Körper anziehen und nach einer Weile wieder von sich stoßen. Als solche erweisen sich zunächst Bergkristall, Glas, Schwefel, Siegellack u. s. w. Gilbert gab aber schon ein viel längeres Verzeichnis.

Im Jahre 1680 konstruierte der Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke, derselbe, der die Luftpumpe erfand, die erste sehr einfache Elektrisiermaschine; es war eine Schwefelkugel, auf eine Welle gesteckt und durch eine Laufschnur gedreht, indes die trockenen Hände als Reiber gegen

die Kugel gedrückt wurden. Eine an Seidenfäden aufgehangene Metallstange nahm die entwickelte Elektrizität auf.

In der Folge ersetzte man die Schwefelkugel durch einen Glascylinder oder eine Glasscheibe, was eine stärkere Entwickelung von Elektrizität ermöglichte, und durch weitere Verbesserungen gewann die Elektrisiermaschine schrittweise ihre heutige Gestalt. Der elektrische Grundversuch ist leicht anzustellen und millionenmal selbst von Kindern angestellt worden; aber er hätte auch ein Kinderspiel bleiben müssen, wenn die Forschungen nicht weiter fortgeschritten wären. Reibt man eine Stange Siegellack oder Glas etwas anhaltend mit einem Stück Wollen- oder Seidenzeug und hält sie dann über kleine Papierschnitzel, Spreu, Korkkügelchen oder dergl., so werden letztere mit Lebhaftigkeit aufspringen und sich an die Stange anhängen. Nach einiger Zeit jedoch trennen sie sich wieder davon oder werden vielmehr förmlich fortgestoßen. Diese Thatsache aber blieb in der ersten Zeit völlig unerklärt, ja die ganze Sache wurde noch rätselhafter, nachdem, zuerst durch den Engländer Wall 1708, der elektrische Funke bemerkt worden war, welcher von einer geriebenen Glas- oder Harzstange auf den nahe gehaltenen Knöchel unter einem leisen Knistern überspringt und ein stechendes Gefühl im Finger erregt. Erst 1727 wurde ein weiterer und großer Schritt vorwärts gethan durch den Engländer Gray. Bis dahin hatte man die Stoffe in zwei Gruppen geteilt, solche, die sich elektrisieren ließen, und solche, bei denen es trotz alles Reibens nicht gelingen wollte. Zu den letztern gehörten namentlich die Metalle, denn in der That wird eine Metallstange, wenn sie in der Hand gehalten wird, durch noch so vieles Reiben niemals elektrisch. Als aber Gray einmal einen Metallstab rieb, den er mittels eines hölzernen Griffs fest hielt, gelang das Elektrisieren ganz leicht. Hiermit war der Anstoß gegeben, die Versuche von einem neuen Gesichtspunkte aus zu wiederholen und weiter zu führen.

Man erfuhr nun, daß zwar alle Körper elektrisiert werden können, aber daß die bisher für dessen unfähig gehaltenen dabei doch ein andres Verhalten zeigen; sie lassen nämlich alle ihre Elektrizität mit einemmale fahren, sobald sie an einem Punkte berührt werden, nehmen aber auch dieselbe sehr leicht auf und verbreiten sie augenblicklich über ihre ganze Oberfläche. Ein Metalldraht mag noch so lang sein, er wird, wenn ihm an einem Ende Elektrizität mitgeteilt wird, im Nu bis ans andre elektrisch erregt. Durch solche Erscheinungen kam man darauf, sich die Elektrizität als ein feines gasähnliches Wesen (Fluidum) zu denken, welches die Körper durchströme. Die Stoffe, in denen die Elektrizität sich derartig verhält, hat man Leiter genannt; es sind dies die Metalle, Kohle, Wasser und alle von Feuchtigkeit durchdrungenen Körper, also auch lebende Geschöpfe und Pflanzen, sowie der Erdboden. Ihnen gegenüber stehen die Nichtleiter oder Isolatoren: Glas, harzige Körper, Schwefel, Seide, Wolle, trockene Pflanzenstoffe, trockene Luft 2c. Diese lassen sich nicht von einem Berührungspunkte aus elektrisieren, halten dagegen aber die ihnen durch Reibung erteilte Elektrizität in der Art fest, daß sie diese immer nur an der Stelle verlieren, welche man direkt berührt.

fundamental experiment

(f) chaff

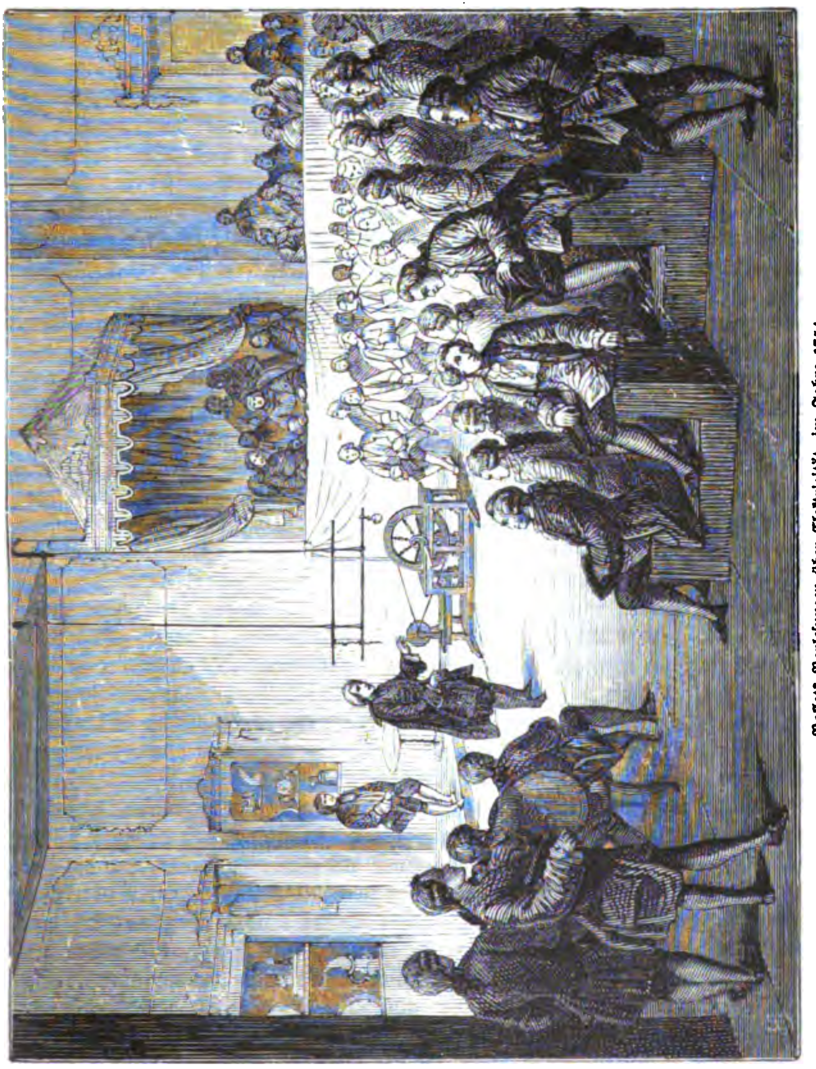
(m) resin or rosin

in nature substance, essence

[illegible]

[illegible]

Mit einer Glas- oder Harzstange lassen sich daher, bis sie erschöpft ist, mehrere kleine Körper elektrisieren, wenn man nämlich hierbei jedesmal eine andre Berührungsstelle wählt.



Nollets Vorlesungen über Elektrizität, im Jahre 1764.

Aus diesem verschiedenen Verhalten der Leiter und Nichleiter erklärt sich leicht, warum wohl eine Harz- und Glasstange, nicht aber eine Metallstange, die man in der bloßen Hand hält, durch Reiben elektrisch wird.

Die letztere als guter Leiter gibt die Elektrizität sofort an den menschlichen Körper, einen andern guten Leiter, ab, welcher die Verbindung mit der Erde herstellt. — Um in einem guten Leiter die Elektrizität dauernd zu erhalten, dient das nahe liegende Mittel, daß man ihn außer Berührung mit Leitern hält, also durch Nichtleiter tragen läßt. Er heißt dann isoliert. Das Setzen eines solchen Körpers auf gläserne Füße, das Legen auf eine Glasplatte oder Harzschicht, Aufhängen an Seidenfäden sind die gewöhnlichsten Mittel zum Isolieren. Die Isolierung gelingt aber nur, wenn keine Feuchtigkeit ins Spiel kommt, also auch die umgebende Luft recht trocken ist.

Wenige Jahre nach Gray entdeckte der französische Physiker Dufay neue elektrische Erscheinungen; er fand, daß die Elektrizität sich in ihren Wirkungen verschieden verhalte, je nachdem sie an Glas oder Harz erzeugt wurde, und benutzte zur Nachweisung dessen das sogenannte elektrische Pendel, ein Kügelchen von Hollundermark an einem seidenen Faden aufgehangen, der von einem gläsernen Ständer herabhängt. Wird eine geriebene Siegellackstange dem Kügelchen genähert, so wird es, wie vorhin die Papierschnitzel, angezogen und nach einer Weile, wenn es sich mit der Harzelektrizität gesättigt hat, wieder abgestoßen. Fernere Berührungen mit dem Siegellack sind nun nicht mehr thunlich; das Kügelchen weicht immer aus; dagegen wird es nun um so heftiger von einer geriebenen Glasstange angezogen. Dieselben Erscheinungen treten auf, wenn erst das Glas und dann das Siegellack ins Spiel gebracht wird. Harz- und Glaselektrizität sind also in ihren Äußerungen entgegengesetzt; sie bilden gleichsam die Hälften eines Ganzen, und man unterscheidet sie am gewöhnlichsten durch die Bezeichnung positive und negative Elektrizität, jene in unserm Versuche vom Glase, diese vom Harz stammend. Es werden aber diese beiden Elektrizitäten unter allen Umständen zugleich erzeugt. Bei der Reibungselektrizität also werden nicht nur die Stäbe, sondern auch die Reiblappen elektrisch, und zwar positiv oder negativ, je nachdem der geriebene Körper negative oder positive Elektrizität angenommen hat. Um dies nachweisen zu können, muß aber auch der reibende Stoff an einem isolierenden Griff befestigt sein.

Man kann den vorstehenden Versuch in einer interessanteren, halb komischen Art am lebendigen Menschen machen. Zwei Personen stellen sich jede auf einen Isolierschemel, d. h. ein Bänkchen mit gläsernen Füßen, und die eine peitscht nun den Rücken der andern einige Zeit mit einem Katzenfell oder dergleichen, so werden beide entgegengesetzt elektrisch und verhalten sich nun gegen die Kügelchen des Pendels die eine wie eine Harz-, die andre wie eine Glasstange. Reichen sie sich die bloßen Hände, so verschwindet augenblicklich ihr elektrischer Zustand; sie empfinden im Moment der Berührung einen Ruck in den Händen, und damit ist das Experiment aus. Man sagt nun: die zwei Elektrizitäten liegen in den Körpern verbunden und also unwirksam; durch Reiben oder eine andre Erregung werden sie getrennt, streben aber nach Wiedervereinigung auf jedem möglichen Wege und kehren damit in den neutralen, unwirksamen Zustand zurück.

ready nearly - [illegible]

(m.) [illegible] -
pillar. (standard)

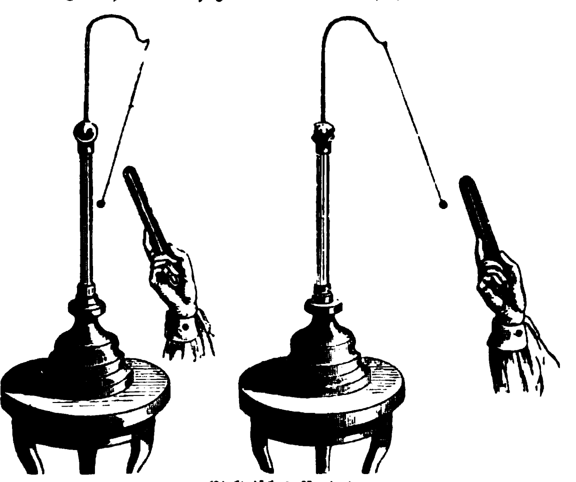
needles - flies away from -
resinous and vitreous electricity

(m.) rags for - rubbing

jerk
united [illegible]

unlike

Zwischen einem positiv und einem negativ geladenen Körper besteht daher immer Anziehung, d. h. Streben nach Ausgleichung. Haben dagegen zwei Körper einerlei freie Elektrizität, so findet statt der Anziehung eine Abstoßung statt; daher denn der Satz: ungleichnamige Elektrizitäten ziehen sich an, gleichnamige stoßen sich ab. Eine wirkliche sichtbare Anziehung und Abstoßung kann natürlich nur stattfinden, wenn sehr leichte und leicht bewegliche Körper ins Spiel kommen, Papierschnitzel, Fasern, Hollundermark u. dgl. Solche Dinge folgen dann den Bewegungen der elektrischen Kräfte ebenso, als wenn die gewöhnliche Luft mit ihnen spielte. Berühren wir zwei isoliert neben einander aufgehangene Hollunderkügelchen mit einem und demselben geriebenen Harz- oder Glasstab, elektrisieren sie also gleichnamig, so geben sie ihren gespannten Zustand sogleich dadurch zu erkennen, daß sie von einander abweichen, also gespreizt hängen. Berührt man gleichzeitig jedes Kügelchen mit einem Finger, so stellen sie sich alsbald wieder gerade und sind unelektrisch, da die Elektrizität durch einen guten Leiter entwichen ist. Solche kleine (metallene) Doppelpendel, an einen Sammler angehangen, dienen gewöhnlich als elektrische Anzeiger desselben. Die Anziehung oder Spannung der ungleichnamigen Elektrizität wird nach einem bestimmten Gesetz mit der Annäherung der elektrisierten Körper stärker, mit der Entfernung schwächer; ebenso besteht ein Verhältnis der Menge: werden die Elektrizitäten in einer Operation erzeugt und dann wieder verbunden, so geht die Sache Null für Null auf; bringt man dagegen ungleichnamige, unabhängig von einander geladene Elektrizitätsträger mit einander in Verbindung, welche also leicht ein verschiedenes Mengenverhältnis haben können, so erfolgt die Vereinigung oder Neutralisation nur in soweit, daß die eine der Elektrizitäten ganz und von der andern die dem entsprechende Menge verschwindet.


Elektrisches Pendel.

Das Reiben ist, wie wir schon wissen, nicht die einzige Art der Elektrizitätserregung; es können auch durch bloße Berührung und selbst durch Annäherung die beiden Elektrizitäten getrennt werden. Diese Trennung wird durchweg Verteilung genannt, und das Reiben ist nur eines der Mittel zur Verteilung.

Alles jetzt zu Sagende bezieht sich nur auf Körper, die gute Leiter sind. Denken wir uns einen solchen isoliert, also z. B. einen der hohlen walzenförmigen Blechkörper auf Glasfüßen, wie sie an der Elektrisiermaschine vorkommen, oder die bei Guerickes Maschine an Seidenfäden aufgehangene Metallbarre, und nähern dem einen Ende einen elektrischen Körper, so werden alsbald die Elektrizitäten in demselben rege und verteilen sich nach dem Grundsatze, daß gleichnamige Elektrizitäten sich abstoßen, ungleichnamige sich nähern. Ist unter jedem Ende des Leiters ein elektrisches Doppelpendel aufgehangen, so gibt sich der Zustand der Verteilung sogleich durch die gespreizte Stellung beider zu erkennen. Wird der erregende Körper wieder entfernt, so kehren die Elektrizitäten des Leiters in ihren gebundenen Zustand zurück, und die Pendel nehmen ihre natürliche Stellung wieder ein. Läßt man dagegen die Einwirkung des Erregers fortbestehen und setzt das Ende des Leiters durch einen Metalldraht mit der Erde in leitende Verbindung, so entweicht die dortige abgestoßene Elektrizität, denn die Erde nimmt alles, Plus und Minus, willig auf und neutralisiert es. Ist also der Erreger positiv geladen, so verliert der Leiter am andern Ende seine positive Elektrizität und die negative bleibt festgehalten, bis der Erreger entfernt wird; dann ist sie frei und nach allen Seiten ableitbar. Je mehr ein Erreger einem isolierten Leiter genähert wird, desto stärker wird in diesem die Verteilung und die Spannung, bis endlich die Luftschicht zwischen beiden nicht mehr dick genug ist, um die Vereinigung hindern zu können, welche dann durch einen überspringenden Funken erfolgt. Auf die Form des Leiters kommt es an, in welcher Weise die Elektrizität sich über seine Oberfläche ausbreitet. Auf einer Kugel ist die Verbreitung überall gleich; auf einem gestreckten Körper häuft sich die Elektrizität an beiden Enden an. Hätte ein solcher Leiter noch scharfe Ecken oder Spitzen, so würde sich dort die Elektrizität so anhäufen, daß sie nicht mehr zurückzuhalten wäre, sondern durch die Luft entweichen würde. Man gibt daher den Konduktoren der Elektrisiermaschine eine Walzenform mit abgerundeten Enden. Die ableitende Wirkung metallener Spitzen läßt sich dann immer noch zeigen, denn wenn man ein spitzes Metallstück, das mit einer Erdleitung verbunden ist, einem solchen geladenen Konduktor entgegenhält, so gibt er seine ganze freie Elektrizität ab, und zwar ruhig, ohne überspringenden Funken.

Die Eigentümlichkeit der Spitzen, die Elektrizität im stillen abzugeben oder einzusaugen, wurde zuerst 1748 in Genf von dem Physiker Jallabert bemerkt, indem er den folgenden Versuch machte. Ein wagrecht auf einer Spitze drehbares Holzstäbchen hat an einem Ende eine Kugel. Eine Person stellt sich auf einen Isolierschemel und läßt sich elektrisieren, während sie in der Hand ein Holzstück hält, das an einem Ende spitz, am andern kolbig ist. Wird der Kugel die Spitze entgegengehalten, so wird sie von derselben angezogen, indes umgekehrt das kolbige Ende sie wegtreibt. Die Deutung dieses Versuchs gab zuerst Franklin.

Trotz des Mangels an absoluter Klarheit über das eigentliche Wesen der Elektrizität ist man doch zu manchen Annahmen gelangt, mit deren Hilfe

cylindrical
sinbooly
forthwith

charged

extended

conducting

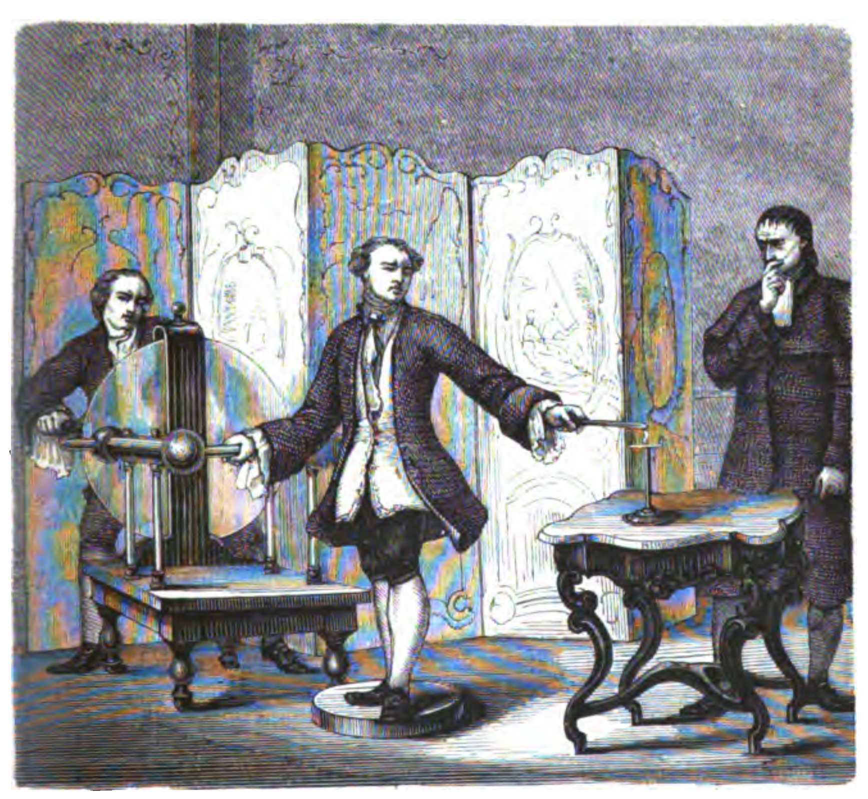
becomes
(knotty, knotty

— subtle.

quantities

define more accurately

sich vieles hinreichend erklären läßt. Eine solche Annahme ist z. B. die, daß in allen Körpern ein neutrales, aus gleichen Mengen positiver und negativer Elektrizität bestehendes Gemisch vorhanden sei, welches man als ein außerordentlich feines Fluidum ansieht, ohne jedoch dasselbe nach seinem eigentlichen Wesen näher bezeichnen zu können.



Jallaberts Experiment.

Durch Reiben wird nun das elektrische Fluidum in dem reibenden sowohl als in dem geriebenen Körper getrennt, an der Berührungsfläche gehen die entgegengesetzten Hälften zu einander über und vereinigen sich wieder, in den abgewandten Teilen der Körper aber bleiben die andern Hälften gesondert.

Nach dem bisher Gesagten können wir zur Betrachtung derjenigen **Maschinen** übergehen, durch welche sich auf bequeme Weise größere Mengen von Elektrizität erzeugen lassen.

Diese Maschinen haben seit Guericke mancherlei Formveränderungen und Verbesserungen erfahren, und zwar bis in die neueste Zeit; indes sie haben

alle als nötige Stücke ein Reibzeug, einen geriebenen Körper, der ein schlechter Leiter ist, und einen gut leitenden Konduktor, also Aufsammler der erzeugten Elektrizität. Bei der gebräuchlichsten Form, die wir hier bildlich vorführen, besteht der zu reibende Körper aus einer großen runden Glasscheibe von 45—90 cm Durchmesser, welche durch eine Kurbel drehbar ist.

Während der Drehung muß sich die Scheibe durch zwei Paar Kissen K, K' hindurchbewegen, die zu unterst und zu oberst durch Federn gegen sie angedrückt werden. Der Name Kissen ist nicht mehr wörtlich zu nehmen; statt der früheren bauchigen Lederpolster hat man jetzt flache Holzplatten, die mit dickem weichen Leder oder Tuch überzogen sind. Diese Platten haben mit dem Glase eine viel größere Berührungsfläche, was wichtig ist. Auf das Tuch oder Leder ist ein Amalgam von Quecksilber, Zinn und Zink aufgetragen, das zur Erleichterung des Aufstreichens mit Talg gemischt ist. Der dritte Hauptteil der Maschine ist der Konduktor C, C'; er besteht aus zwei gleichen metallenen Hohlcylindern, deren Enden durch Kugelkappen geschlossen und die natürlich durch Glasfüße isoliert sind. Vermöge der metallischen Verbindungsstange an der äußern Seite wirken die beiden Körper wie ein einziges Stück. An den Enden, welche der Glasscheibe zugekehrt sind, trägt der Konduktor zwei gekrümmte metallene Arme, die sogenannten Zuleiter, deren wichtige Dienste sich im Nachfolgenden ergeben werden. Diese Zuleiter umfassen, wie das Bild zeigt, einen ziemlich breiten Teil des Scheibenrandes und richten sowohl auf der innern als äußern Seite einige Metallspitzen gegen das Glas, an das sie sehr nahe herantreten, doch ohne es zu berühren. Schließlich hat noch die Scheibe über einen größern Teil ihrer Flächen eine Bedeckung von Taffet zur Abhaltung der nie ganz fehlenden Luftfeuchtigkeit, und die Maschine muß vor der Anwendung überall sorgfältig zur Entfernung jeder Feuchtigkeit mit trockenem Zeug abgerieben werden.

Sobald die Elektrisiermaschine in Drehung gesetzt ist, kann man durch Berührung der Scheibe überall kleine Funken herauslocken; bei weiterer Drehung fahren solche von selbst knisternd heraus, ein phosphorartiger Geruch verbreitet sich und man fühlt ein eigentümliches Anwehen im Gesicht; im Dunkeln nimmt man an der Scheibe einen leuchtenden Schein wahr. Je mehr der Konduktor sich ladet, desto mehr verläßt das bei B auf dem Träger I stehende elektrische Pendel oder Elektroskop seine senkrechte Stellung und stellt sich schräg.

Haben wir uns die früheren Darlegungen deutlich gemacht, so ist die Wirkung der Maschine bald verstanden, denn es sind nur bekannte Vorgänge, die uns hier begegnen. Durch die Reibung zwischen Glasscheibe und Reibzeug wird erstere positiv, letzteres negativ elektrisch. Wird keine negative Elektrizität verlangt, so läßt man sie durch Metallstreifen m m und die Kette T in die Erde abfließen, so wie sie erzeugt wird. Die Scheibe, als positiv geladener Körper, wirkt nun ihrerseits durch die Spitzen verteilend auf die Elektrizität des Konduktors, stößt dessen positive Elektrizität ab und bindet die negative. Da wir uns aber die Drehung als fortgesetzt denken, so wird die in der Scheibe entstandene neutrale Elektrizität immer wieder zerlegt, die negative entweicht

applied

to ease the writing, bracing along

constituent

conductor to

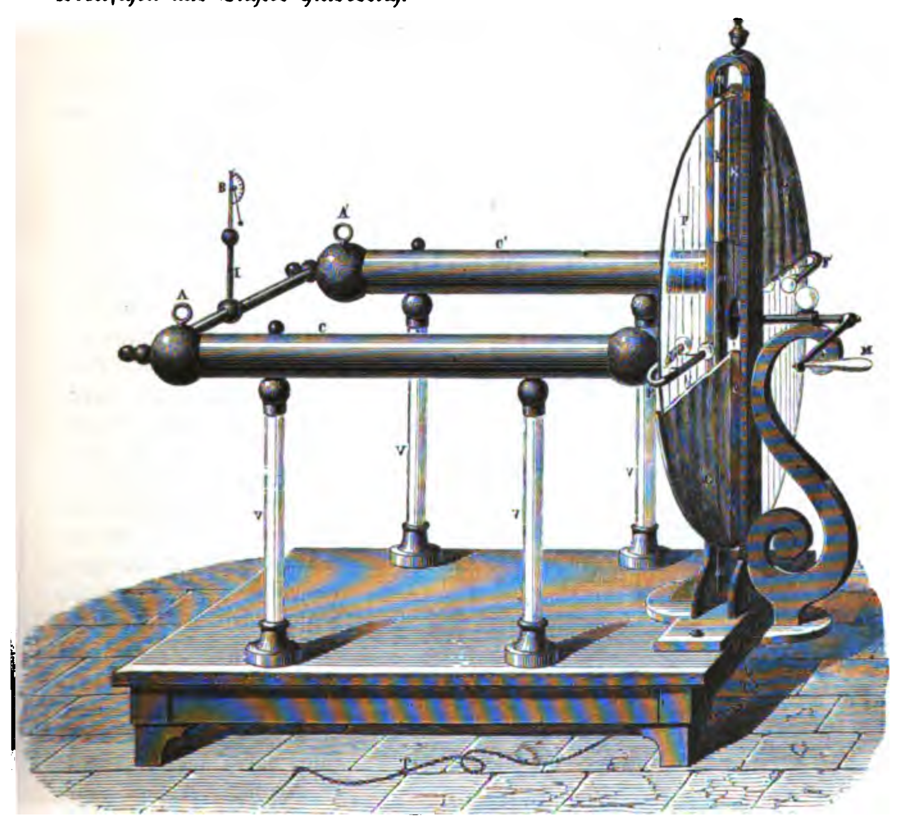
entice forth

takes a slanting position

confined

Maclure teaching at College

und die positive häuft sich im Konduktor an. Auf die Größe der Maschine kommt es natürlich hauptsächlich an, wenn starke Ladungen erhalten werden sollen, doch hat auch der Zustand der Luft viel Einfluß, denn in feuchter Luft gerät die Sache nicht gut, und darum ist schon die Anwesenheit vieler Menschen und Lichter hinderlich.

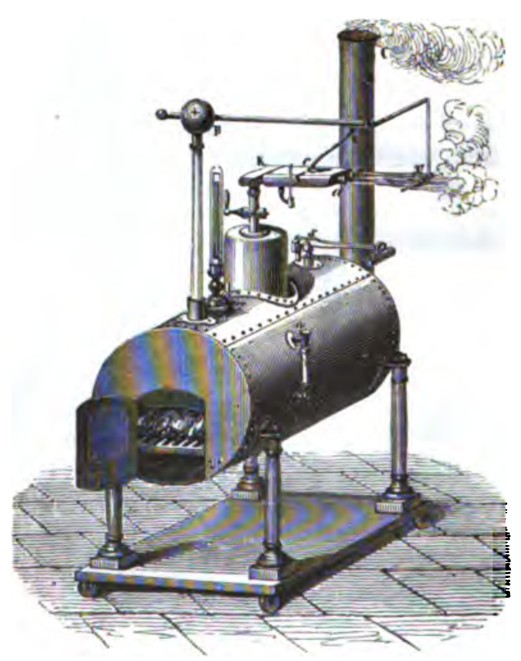


Elektrisiermaschine.

Unter allen Umständen tritt aber endlich ein Zeitpunkt ein, wo die Ladung sich nicht weiter treiben läßt. Einem stark geladenen Konduktor darf man nicht zu nahe kommen, denn derselbe sendet lange Funken oder kleine Blitze mit Knall oft nach weit entfernten guten Leitern hin. Dennoch kann man sich selbst zu einem Konduktor machen, sobald man nur die Vorsicht braucht, sich mit der Maschine in Verbindung zu setzen, noch ehe sie in Gang gesetzt ist. Man stellt sich dann auf einen Isolierschemel und nimmt einen Draht in die Hand, der am Konduktor befestigt ist. Man wird nun elektrisiert und fühlt bald, wie sich die Kopfhaare empor und

auseinander sträuben. Die Haare, als mit einerlei Elektrizität geladen, stoßen sich ab und fliehen sich wie die Hollunderkügelchen. Die feinen Härchen der Gesichtshaut werden in derselben Weise affiziert, und daraus entsteht das Gefühl, als sei man mit dem Gesicht in Spinngewebe geraten. Dabei zieht die Hand leichte Körper an und stößt sie wieder ab, und wird dem Elektrisierten ein Leiter genähert, z. B. eine Person greift nach ihm, so springt ein Funke über, der einen stechenden Schmerz verursacht.

Bei Gelegenheiten, wo ein Dampfstrahl aus einem Dampfkessel entweicht, wird zuweilen das Auftreten von Elektrizität verspürt. Dies ist näher untersucht worden, und der Engländer Armstrong hat hiernach eine Dampf-Elektrisiermaschine konstruiert, die in großen physikalischen Kabinetten ebenfalls anzutreffen ist, viel stärkere Wirkungen gibt als die gewöhnliche Maschine, aber durch ihren Dampf sich lästig macht. Das Hauptstück ist hier ein kleiner Dampfkessel mit innerer Feuerung, der auf einem Gestell mit Glasfüßen liegt. Der mit ganz reinem Wasser halb gefüllte Kessel wird bei Verschluß so lange geheizt, bis eine starke Dampfspannung erreicht ist; dann öffnet man einen Hahn, der Dampf fährt durch mehrere dünne Röhrenschnäbel hinaus, und die Strahlen fahren in die Zähne eines Rechens von Metallspitzen, von welchen eine Leitung nach einer isolierten metallenen Hohlkugel geht, die als Konduktor dient. Trotz ihrer verschiedenen Bauart ist diese Maschine ebenfalls eine durch Reibung wirkende. Die kleinen Ausflußröhren enden in Schnäbel von hartem Holz, denn der Dampf muß sich an einem Nichtleiter reiben. Ferner ist erforderlich, daß der Dampf schon teilweise kondensiert, mit feinen Wasserbläschen beladen sei, und dies wird erreicht, indem man die Ausflußröhren durch eine Büchse mit kaltem Wasser führt, so daß sie stets kälter als der Kessel bleiben.


Armstrongs Dampf-Elektrisiermaschine.

Würde man sie erhitzen, statt sie zu kühlen, so würde keine Elektrizität entwickelt werden. Also die Wasserbläschen vertreten hier das Reibzeug,

moreover affected

jet

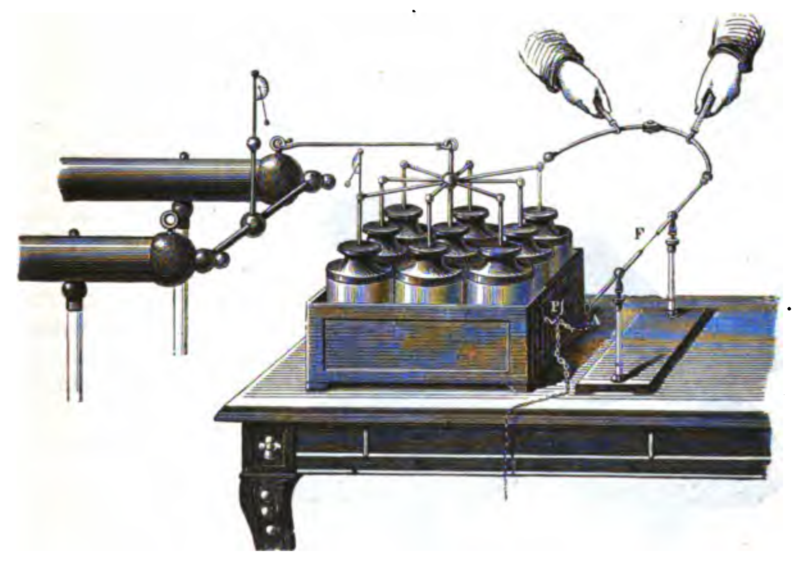
obnoxious

nozzles ([illegible])

requisite [illegible]

box

und die Wirkung ist, daß der Kessel sich negativ, der Konduktor positiv ladet; wird aber etwas Terpentinöl mit in den Kessel gegeben, so nehmen die Elektrizitäten merkwürdigerweise in der umgekehrten Art Platz. Solange die Dampfausströmung dauert, können dem Konduktor beständig lange Strahlen entzogen werden, die man, wenn weiter nichts damit bezweckt wird, einfach auf den Kessel zurückschlagen läßt.



Elektrische Batterie.

Im Jahre 1745 wurden fast gleichzeitig vom Domherrn von Kleist zu Kammin und dem Professor Muschenbroek in Leiden beim Experimentieren Beobachtungen gemacht — d. h. sie bekamen unerwartet heftige elektrische Schläge — welche auf Mittel führten, die Elektrizität in viel stärkerem Maße anzuhäufen, als dies mittels der damaligen Maschinen thunlich war. Dies Mittel ist die Leidener oder Kleistsche Flasche (Verstärkungsflasche) und namentlich die aus mehreren solchen Flaschen zusammengesetzte elektrische Batterie. Die Flaschen sind cylindrisch, mit weiter oder engerer Mündung, die ein Deckel oder Kork schließt. Wände und Boden sind sowohl auf der Innen- als Außenseite bis auf ein paar Zoll unterm Rande mit Blattzinn beklebt, das frei bleibende Glas gut mit einem Harzfirnis überzogen. Durch den Deckel geht ein metallener, oben mit einem Knopf versehener Stab, der innen mit dem Zinnbeleg in Berührung steht, gewöhnlich durch ein herabhängendes und zum Teil am Boden liegendes Kettchen. Wird der Knopf, indem man eine einzelne Flasche in

der Hand hält, dem Konduktor einer im Gange befindlichen Elektrisiermaschine nahe gehalten, so wird die Innenseite positiv elektrisch, die Außenseite negativ, indem die außen abgestoßene positive Elektrizität durch die Hand fortgeht. Durch verlängerte Einwirkung kann eine Menge der beiden durch das Glas getrennten Elektrizitäten aufgehäuft und eine hohe Spannung erreicht werden, denn mit der Menge steigt auch das Bestreben nach Wiedervereinigung.

Die letztere erfolgt, wenn zwischen die äußere und die innere Belegung ein Leiter gebracht wird, der als Brücke dient. Setzt man z. B. an die äußere Belegung das eine Ende eines Metalldrahts und nähert das andre dem Knopfe, der mit der innern in Verbindung steht, so erfolgt noch vor der Berührung die Entladung unter Blitz und Knall. Je größer die Flaschen und also die Metallflächen sind, desto stärker die Wirkungen. Bringt man nun eine Anzahl großer Flaschen so in Verbindung, daß sie wie eine einzige arbeiten, so werden auch die Wirkungen in demselben Maße verstärkt. Gewöhnlich setzt man 9 große Flaschen zu einer Batterie zusammen, deren innere Flächen dann dadurch verbunden sind, daß von allen äußern Knöpfen Metallstäbchen nach dem mittelsten gehen. Zur Verbindung der Außenseiten stehen die Flaschen ferner in einem Kasten, der innen mit Metall ausgelegt ist. Von dieser Belegung geht eine Kette nach außen in die Erde zur Ableitung der positiven Elektrizität, während eine andre dazu dient, die Batterie nach Wunsch mit beliebigen andern Apparaten in Verbindung zu setzen. Die Ladung einer Batterie geschieht vom Konduktor einer Elektrisiermaschine aus mittels eines verbindenden Metallstabes. Um nicht die sehr schmerzhaften und unter Umständen auch sehr gefährlichen Entladungen auf den eignen Körper zu ziehen, bedient man sich zur Schließung eines sogenannten Ausladers, welcher entweder aus einem gekrümmten einfachen Metallstücke mit einem gläsernen Griffe, oder aus einem zweiteiligen, mit Scharnier versehenen Bogen mit zwei Griffen (s. Abb.) besteht.


Elektrophor.

Will man nur geringe Mengen Elektrizität erzeugen, so bedient man sich des Elektrophors, einer aus Schellack und Terpentin bereiteten Platte von etwa 25—50 cm Durchmesser und 1—2 cm Dicke; sie wird durch Peitschen mit einem trocknen Fuchsschwanz negativ elektrisch. Legt man nun einen kleineren, entweder in einer ganz ebenen, an den Kanten abgerundeten Metallplatte oder aus einer mit Stanniol überzogenen Pappe bestehenden

action : motion

operation

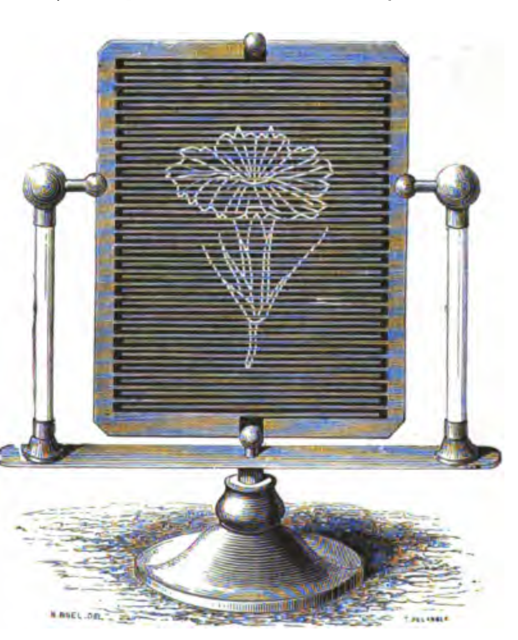
by

desire

(n.) Tinfeil

Deckel, der mit einem isolierenden Handgriffe versehen ist, auf den Harzkuchen und nähert alsdann der oberen Fläche des Deckels den Knöchel des Fingers, so springt ein elektrischer Funke über. Wie geht das zu? Die negative Elektrizität des Harzkuchens hat das Elektrizitätsgemisch im Deckel zerlegt; die positive Elektrizität sammelte sich an der unteren, die negative Elektrizität an der oberen Fläche. Diese, welche frei war, leitete der sich nähernde Knöchel des Fingers über. Hebt man den Deckel ab, so kann man auch aus der unteren Fläche desselben einen Funken ziehen. Solange nämlich der Deckel auf dem Kuchen liegt, ist die positive Elektrizität an der unteren Fläche gebunden, beim Abheben des Deckels aber wird sie frei.

Die Wirkung des Elektrophors leitete zwei deutsche Physiker: Töpler in Dorpat und Holtz in Berlin, zu der Erfindung einer neuen Art von Elektrisiermaschinen, d. i. der sogenannten „Influenz-Elektrisiermaschine". Der Raum gestattet uns jedoch nicht, hier näher auf dieselbe einzugehen.



Elektrische Zaubertafel.

Mit der Elektrisiermaschine, der Leidener Flasche und Batterie lassen sich eine große Menge höchst interessanter Versuche anstellen. Anfänglich hielt man sich besonders an die Erscheinungen der Anziehung und Abstoßung und der kleinen Funken und Entladungen, die der Körper ohne große Beschwerde ertragen konnte. Man hatte elektrische Glockenspiele, elektrischen Kugel- und Puppentanz u. dgl. Mancherlei Apparate hat man auch zur Veranschaulichung der elektrischen Licht- und Wärme-Erscheinungen. Die Elektrizität erscheint zunächst als Licht, als elektrischer Funke, wenn sie von einem Leiter auf den andern überspringt. Hierauf beruht u. a. die elektrische Zaubertafel, eine Vorrichtung zur Erzeugung schöner Lichteffekte im Dunkeln. Auf einer durch Glasfüße isolierten Glastafel sind schmale Zinnstreifen, die mehrmals der Länge nach gefaltet sind, mit Belassung von Zwischenräumen aufgeleimt. Mit einem scharfen Instrument schneidet man in die Fläche eine beliebige Zeichnung, so daß die Schnitte die Zinnstreifen trennen.

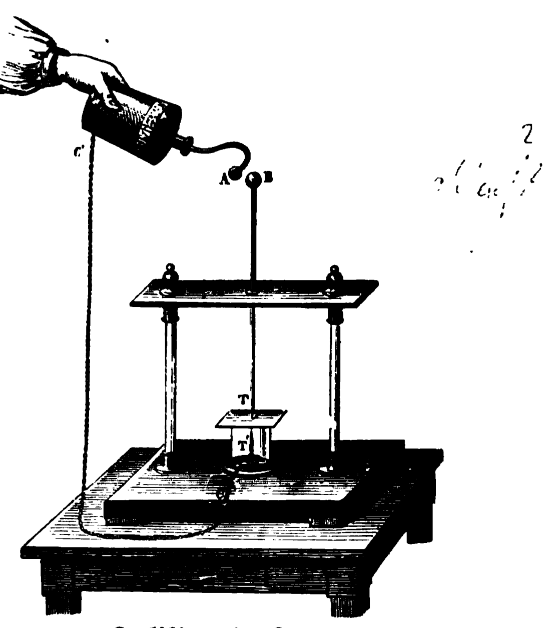
Wird nun die Tafel durch einen Draht, der von dem obern Knopf ausgeht, mit einer Elektrisiermaschine in Verbindung gesetzt, und geht ein andrer



Entzündung von Weingeist durch den elektrischen Funken.

Draht von dem untern Knopf nach der Erde, so erscheint das ganze Bild in Feuer stehend, indem an allen Durchschnitten elektrische Funken überspringen.

Auch an guten Leitern treten Lichterscheinungen auf, wenn dieselben der Elektrizität einen zu engen Weg bieten, wie z. B. dünne Metalldrähte. Diese werden nämlich unter solchen Umständen glühend, schmelzen und verbrennen auch durch starke Schläge. Wir sehen an der Abbildung (S. 115) an der Leitung rechts eine Stelle F stark verdünnt; dieses soll ein eingeschaltetes Stückchen Eisendraht vorstellen und würde als solches die erste Entladung nicht überdauern, sondern sofort unter Funkensprühen wegbrennen. Sehr dünne Leiter, wie Zinnfolie, Blattgold u. dgl., werden unter solchen Umständen ganz zu feinem Staube verflüchtigt. Solchergestalt läßt sich auch erwarten, daß leicht entzündliche Körper um so eher von einem durchschlagenden Funken in Brand gesetzt werden. Durch Versuche mit Weingeist, Äther, Schießpulver, Kolophoniummehl u. s. w. läßt sich die Richtigkeit der Voraussetzung leicht bestätigen. Knallgas, ein Gemisch von Sauerstoff und Wasserstoff, ist ebenfalls eine entzündliche Luftart, welche mit großer Kraft explodiert und sich zu Wasser verdichtet. Füllt man damit ein Metallrohr an und setzt eine Ladung darauf, so kann man den Schuß abfeuern, wenn man zwischen zwei Spitzen der Drahtleitung, die in das Rohr hinein reichen, einen Funken überschlagen läßt. Dies ist die elektrische Pistole, respektive Kanone.



Durchschlagen einer Karte.

Nicht am wenigsten merkwürdig sind auch die mechanischen Wirkungen der Elektrizität. Findet sich dieselbe in einem so gespannten Zustande, daß sie die Luft durchbricht, um auf einen andern Leiter überzuspringen, so durchschlägt sie auf solchem Wege auch andre Nichtleiter und hinterläßt ein Loch oder bewirkt eine Zertrümmerung. Die Entladungen einer Leidener Flasche oder gar Batterie, die immer viel heftiger sind als die einer Maschine, haben auch die stärkste mechanische Wirkung. Schon mit einer einzelnen Flasche kann man die Durchlöcherung einer Karte, Pappe u. dgl. bewirken. Die Kraft einer ganzen Batterie durchdringt wohl ein ganzes Spiel Karten, zersplittert Bretter und durchschlägt Glasplatten. Eine mit Wasser gefüllte Röhre, die an den Enden geschlossen ist und in welche von

beiden Seiten ein Leitungsdraht hinein reicht, wird zertrümmert, sie mag noch so stark sein. Es kommt dies von der starken Ausdehnung des Wassers, welche die Elektrizität bewirkt. Hiernach ist es also kein Wunder, daß auch kleine Tiere, wie Hunde, Katzen 2c., durch eine Batterie auf der Stelle getötet werden und selbst der Mensch dadurch in Lebensgefahr kommen kann.

Sobald man anfing, mit sehr langen Leitern, also Metalldrähten, zu operieren, was gleich nach dem Bekanntwerden der Leidener Flasche geschah, mußte man bemerken, mit welcher Raschheit oder vielmehr Augenblicklichkeit die elektrische Erregung sich über die ganze Länge der Leitung verbreitet. Franklin zog eine Leitung über einen breiten Fluß und zündete auf der jenseitigen Station mittels einer Leidener Flasche augenblicklich Äther an. Im Jahre 1746 schaltete Winkler in Leipzig in die Leitung eines langen Drahtes einen Teil der Pleiße mit ein, und die Entladung fand ebenfalls augenblicklich statt; 1747 leitete Watson den elektrischen Funken in einem Drahte über die Themse und durch das Wasser derselben zurück. Ein andres Mal schaltete er in die Mitte von zwei Meilen Drahtlänge eine Strecke von zwei Meilen trocknen Landes ein, und die Entladung fand auf die Entfernung von 5000 m ebenfalls augenblicklich statt. Aber erst Wheatstone hat durch den von ihm erfundenen Apparat mit rotierendem Spiegel die wirkliche Schnelligkeit der Elektrizität berechnet und gefunden, daß der elektrische Funke in einer Sekunde etwas über 62000 deutsche Meilen zurücklegt, während das Licht nur 41000 Meilen in derselben Zeit durchströmt, beide Schnelligkeiten sich also verhalten wie 29 : 19. Es legt also der elektrische Funke jede irdische Entfernung in undenkbar kurzer Zeit zurück. Weder Land noch Wasser halten ihn in seiner Bewegung auf, ja noch mehr, sie dienen ihm als Beförderer und Leiter auf seiner weiten Reise und er könnte in einer Sekunde $11\frac{1}{2}$ mal rings um die Erde laufen, die Entfernung der Erde von der Sonne aber in 5 Minuten zurücklegen.

Nachdem man die Fernwirkungen der Elektrizität in langen Drähten kennen gelernt, kam man denn bald auf die naheliegende Idee, die neue Naturkraft als Eilboten der Gedanken zu benutzen, und machte Versuche zur Ausarbeitung einer elektrischen Telegraphie, wobei die Schwingungen eines Pendels oder überspringende Funken als Zeichen zu benutzen gewesen wären. Die Ausführung im großen mißlang, weil man mit der Elektrisiermaschine nicht das hierzu nötige Quantum Elektrizität liefern kann. Zum Telegraphen konnte es also erst kommen, nachdem eine andre Quelle entdeckt worden war, welche dieselbe Kraft, aber doch etwas anders geartet liefert. Das ist die in der galvanischen Batterie entstehende Elektrizität.

Die Elektrisiermaschine an sich leistet demnach keine technische Arbeit, außer daß sie zuweilen zum Entzünden von Sprengladungen benutzt worden sein mag; sie ist ein Apparat für wissenschaftliche Versuche und Studium. Aber die durch sie erlangte Kenntnis lieferte doch bald schon ein wichtiges, Menschenwohl förderndes Ergebnis, den Blitzableiter, zu dessen Betrachtung wir uns jetzt wenden wollen.

conduction

carrier

Cf. Tyndall, [illegible] 12–14. = 288 [illegible]
on the [illegible] Collis. 11371, 14307 [illegible]

near (adjacent) next proximity

Electricity of a different kind i.e. dynamical
which [illegible]
[illegible] 7[illegible], 16

top [illegible]



Franklins erster Blitzableiter.

Der Blitzableiter.

Betrachtet man die Gestalt und Farbe der feurigen Entladungen, wie sie eine Leidener Batterie oder große Maschine gibt, so muß man unwillkürlich an den Blitz erinnert werden; ebenso nahe liegt die Vergleichung des dabei auftretenden starken Knalles mit dem Donnerschlag. Beim Einschlagen des Blitzes werden ferner schlechte Leiter zertrümmert, Metalle ins Glühen versetzt oder geschmolzen, brennbare Gegenstände entzündet, Menschen und Tiere getötet. Wo ein Blitz einschlägt, empfinden in der Nähe weilende Personen einen erstickenden Schwefel- oder Phosphorgeruch, und derselbe

Geruch wird in geringerem Maße auch beim Experimentieren mit der Maschine verspürt. Er rührt, wie wir jetzt wissen, davon her, daß die Elektrizität den Sauerstoff der Luft in einen Zustand versetzt, wo seine chemischen Wirkungen bedeutend gesteigert sind und wo er auch die Geruchsnerven affiziert. Diesen elektrischen Sauerstoff hat man Ozon genannt. Sehen wir also, daß eine Reihe von Erscheinungen beim Gewitter sich an der Elektrisiermaschine im kleinen genau wiederholt, so kann kein Zweifel obwalten, daß der Blitz nichts weiter ist als ein großer elektrischer Funke. Diese Ansicht ist auch schon frühzeitig von Guericke u. a. ausgesprochen worden, wenn auch mehr nur wie eine oberflächliche Vermutung. Die Bewahrheitung derselben durch direkte Versuche und die alsbaldige Anwendung der gefundenen Wahrheit fürs praktische Leben verdanken wir dem berühmten und in mehrfacher Hinsicht ausgezeichneten Amerikaner Benjamin Franklin. Dieser hatte sich in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts vielfach mit elektrischen Versuchen beschäftigt, und die Ansicht von der Gleichartigkeit des Blitzes und elektrischen Funkens war bei ihm feste Überzeugung geworden. Es war ihm nun darum zu thun, zu weiteren Versuchen atmosphärische Elektrizität direkt aus Gewitterwolken herabzuleiten, wobei er freilich nicht ahnte, daß dieser Versuch ihm hätte das Leben kosten können. Er fertigte nämlich einen großen Luftdrachen, gab ihm einen Überzug von Seide und bewehrte das vordere Ende des Mittelstocks mit einer eisernen Spitze. Denn er war es gewesen, der die Eigenschaft metallener Spitzen, die Elektrizität mit besonderer Leichtigkeit aus- und einströmen zu lassen, zuerst erkannt oder doch richtig gewürdigt hatte.

Die Leine, woran der Drache aufstieg, war ein gewöhnlicher hanfener Bindfaden, doch knüpfte er zur Steigerung der Elektrizitätsleitung an das untere Ende des Fadens eine seidene Schnur und an deren Ende einen Stahlschlüssel als Handgriff. Mit dieser Vorrichtung ging Franklin einst im Juni des Jahres 1752, nur von seinem Sohne begleitet, dem er seine Absicht allein entdeckt hatte, beim Herannahen eines Gewitters auf eine Wiese bei Philadelphia und ließ den Drachen steigen. Obwohl nun dieser sehr hoch stand und die Gewitterwolken ziemlich dicht über ihm hinzogen, so bemerkte Franklin doch nicht das geringste Zeichen von Elektrizität, und schon fürchtete er, daß seine Ansicht von der Natur des Gewitters doch nicht die rechte sein könne, als er, nachdem ein gelinder Regen den Faden angefeuchtet hatte, plötzlich wahrnahm, daß die losen Fäserchen der seidenen Schnur allesamt aufwärts strebten und ein leises Knistern zu hören war. Hocherfreut darüber, daß sich in dem Seidenfaden Spuren von Elektrizität zeigten, die notwendig atmosphärische, aus den Gewitterwolken herabgeleitete sein mußte, erforschte er die Erscheinung gründlicher, hielt ein Fingergelenk an den Stahlschlüssel, und ein starker, sehr sichtbarer Funken sprang sofort in seinen Körper über. Dies bestätigte seine frühere Ansicht vollkommen und er konnte nun darauf weiter bauen.

Die Luftelektrizität wirkte in gleicher Weise wie die künstlich erzeugte.

Er leitete nun zu wiederholten Malen Funken von dem Schlüssel ab, und es gelang ihm dieser Versuch so vollkommen, daß er seinem Körper nicht allein tüchtige Schläge mitzuteilen, sondern die Elektrizität selbst in einer Leidener Flasche anzusammeln vermochte. Ein Glück für Franklin war es übrigens, daß die Schnur nicht ganz feucht war oder gar aus einem besser leitenden Stoffe bestand; es hätte ihm wie dem verdienten Professor Richmann in Petersburg gehen können, der am 6. August 1753 von seiner Studierstube aus ähnliche Versuche anstellte und den Blitz, von dem er auch erschlagen ward, dadurch recht eigentlich in die Stube leitete.

Richmann hatte nämlich das von Franklin auch zuerst eingerichtete elektrische Glockenspiel bei sich aufgestellt, welches ein heranziehendes Gewitter durch Glockentöne anzeigt. Hierbei dient eine über das Dach hinausgeführte Auffangestange zum Herableiten der Elektrizität ins Innere des Gebäudes; sie endet in einem metallenen Querstück und an diesem hängt einerseits eine kleine Glocke in leitender Verbindung an einem Kettchen, anderseits eine solche isoliert, an einem Seidenfaden, und in der Mitte von beiden eine kleine Metallkugel, ebenfalls an einem Seidenfaden. Endlich geht von der isolierten Glocke eine Kette abwärts bis in den Erdboden. Wird die Stange und demzufolge die eine Glocke elektrisch, so wissen wir, was geschieht: der kleine Metallkörper wird von ihr angezogen, gleichnamig elektrisiert und daher gleich wieder fortgestoßen; er stößt nun an die andre Glocke, verliert an dieser durch die Erdleitung seine ganze Elektrizität und ist nun wieder Gegenstand der Anziehung für die erste Glocke. Er schafft also die Elektrizität über eine in der Leitung vorhandene Lücke portionenweis hinüber. Bei dem Richmannschen Apparat bestand nur der Unterschied, daß die Kette, welche aus dem Innern der einen Glocke herabhing, nicht ganz bis zur Erde geleitet, sondern an einer Eisenstange befestigt war, die unten auf dem Tische in einem mit Eisenfeilspänen angefüllten Becherglase und oben unter der Decke in einer isolierenden Glasröhre ruhte, so daß diese Stange ganz den Platz des isolierten Konduktors einer Elektrisiermaschine übernahm. Bei der Herrichtung des Ganzen war ihm der Universitätskupferstecher Sokolow behilflich gewesen. Den 6. August 1753, als alles fertig vorgerichtet war, kam nun dieser zu Richmann mit der Nachricht, daß ein Gewitter im Anzuge sei, er habe es eben ganz entfernt donnern hören. Beide gingen nun rasch nach dem Zimmer des Apparats, um zu sehen, welche Wirkung die Luftelektrizität darauf ausübe. Als der vorangehende Richmann die Thür öffnete, war das elektrische Glockenspiel schon in vollem Gange, das an der Stange befestigte Elektrometer zeigte einen starken Grad der Luftelektrizität an. Voll Freude über das so herrliche Gelingen seines Versuchs, sprang Richmann nun hinzu, um die Sache in der Nähe betrachten zu können. Da fuhr aber mit einem furchtbaren Gewitterschlage ein Feuerballen aus der Eisenstange nach seinem vorgebeugten Kopf und tötete ihn auf der Stelle, während Sokolow besinnungslos zu Boden stürzte, sich aber bald wieder erholte.

Die Versuche, bei denen der elektrische Drache die Hauptrolle spielte, wiederholte der berühmte Lichtenberg in Göttingen.

Mit noch besserem Erfolge und zugleich mit aller Vorsicht experimentierte der Franzose de Romas zu Nerac. Derselbe band seinen Drachen an eine Schnur, welche mit einem Metalldrahte durchflochten war, ließ sie aber unten, um sich vor den Wirkungen des Blitzes sicherzustellen, in einen andern, 3 m langen Faden von reiner Seide übergehen. Um den Funken nicht mit dem Finger hervorlocken zu müssen, wobei er den Entladungsschlag bekommen und vielleicht getötet worden wäre, verwendete er einen Metallleiter, welcher mit der Erde durch eine eiserne Kette in Verbindung stand und an einem nicht leitenden (isolierten) Handgriffe gehalten werden konnte. Der Drache stieg 180 m hoch und drang gewiß tief ins Innere so mancher Gewitterwolke, denn de Romas erhielt binnen einer Stunde dreißig Feuerstrahlen (Blitze), deren jeder eine Länge von etwa 3 m und eine Dicke von $2^1/_2$ cm hatte und die sämtlich ein Geräusch hören ließen, welches dem Knalle einer Pistole glich, außerdem wohl tausend andre, welche etwa 2 m lang waren. Trotz aller seiner Vorsichtsmaßregeln wurde de Romas einmal durch einen Schlag, der ihn selbst traf, zu Boden geworfen.

Nach so glänzenden Erfolgen war nicht mehr zu zweifeln, daß Franklins Angabe, der Blitz sei eine Wirkung der Elektrizität, die richtige sei, während man z. B. in der ältesten Zeit den Blitz für eine Entzündung der brennbaren Dünste in der Luft hielt, und nach der Erfindung des Schießpulvers meinte, daß salpetriges Salz und Schwefel in der Gewitterluft enthalten seien. Diese irrigen Meinungen sind durch Franklin beseitigt. Man weiß, daß der Blitz nichts andres ist als ein elektrischer Funke, und daß die lange Linie, welche der Blitz bildet, nur der kurze Zeit im Auge haftende Eindruck, das Nachbild der Lichterscheinung ist, während die zickzackähnliche Gestalt durch den verschiedenartigen Druck der Luftschichten hervorgebracht wird, welche der elektrische Funke beim Überspringen durchstreifen muß.

Die Blitze sind oft meilenlang, wie man am besten übersehen kann, wenn man auf einem hohen Berge ein Gewitter in der Tiefe zu beobachten Gelegenheit hat. In solchen Fällen sieht man auch, daß die Blitze häufig aus einer Wolke in eine andre parallel gelagerte oder nach oben schlagen. So tötete im Jahre 1700 ein von einer tief unten schwebenden Gewitterwolke ausfahrender Blitzschlag in Steiermark sieben Personen, welche sich in einer hoch auf dem Berge gelegenen Kapelle befanden. Während in der Tiefe das Gewitter tobte, schien oben die Sonne hell am blauen Himmel und niemand ahnte eine Gefahr. — Noch fürchterlicher und merkwürdiger war das Erlebnis, welches der Hauptmann von Bosio erzählt. Derselbe unternahm am 4. Juni 1822 mit seinem Gehilfen und sieben Führern eine Besteigung des 2940 m hohen Terglou, eines in drei zuckerhutartige Spitzen auslaufenden, aus eisenschüssigem Kalkstein bestehenden Berges in den karnischen Alpen. Schon am andern Morgen war die Spitze erreicht, doch sollte das Unternehmen traurig enden.



Tod des Physikers Richmann.

Wir wollen den kühnen Reisenden selbst erzählen lassen: „Mit verschiedenen Arbeiten beschäftigt, blieb ich bis zur Mittagsstunde, um welche mich alle meine Führer bis auf zwei verlassen hatten (Bosio war bedeutet worden, sich von der Spitze zurückzuziehen, da ein Gewitter nahe). Indessen hatte sich der Nebel im ganzen Umkreise der Thäler immer dichter gesammelt; es

war um 4 Uhr nachmittags und das Thermometer zeigte 1° Réaumur. Schwarze Gewitterwolken zogen heran und ich mußte notgedrungen den Entschluß fassen, hier über Nacht in einem Zelte zu bleiben. Fünf Uhr war es geworden, und von meinen Gefährten war in der Zwischenzeit auch der zweite der kurz vorher noch anwesenden Führer entwichen, folglich waren nur einer derselben und mein Gehilfe die Treuen, welche ausharrten, mein Verhängnis zu teilen. Die Wolken rauchten aus der Tiefe herauf und umlagerten den Berg, es drohte der gewisse Tod, weil ich für unmöglich hielt, von den unzähligen elektrischen Strahlen, die hier auf kleinem Raume ihren ordnungslosen Wechselverkehr trieben, verschont bleiben zu können. Ich wollte fort von diesem Orte des Schreckens, aber der einzige mir treu gebliebene Führer erklärte, daß bei diesem heftigen Sturme uns die Rückkehr unvermeidlichen Tod bringen würde. Wir hielten uns also fest umschlungen, als ein heftiger elektrischer Schlag uns willenlos auseinanderwarf. Mir war die Besinnung nicht geraubt, aber sprachlos saß mein Gehilfe da und deutete auf seinen Mund, während ich, bei dem steten Leuchten der Blitze, an seiner Stirn ein Brandmal der elektrischen Berührung bemerkte. Durch Reibungen und Eingießungen von Wein brachte ich ihn wieder ins Leben zurück, aber ein neuer Schlag streckte uns betäubt dahin. Als ich aufblickte, riß ich schnell die Zeltleinwand hinweg und stürzte mit meinen Gefährten hinaus. Wir warfen uns in eine Felsenvertiefung, von der Leinwand umhüllt, die das Gräßliche unsrer Lage verbergen sollte. Aber auch hier fand uns der Blitz, und mich hatte diesmal der Schlag am meisten getroffen. Ich war lange besinnungslos, empfand noch eine längere Zeit die empfindlichsten Schmerzen in meinen Gebeinen, ward am Scheitel und an dem linken Backen beträchtlich verbrannt und soll, wie mir mein Begleiter versicherte, in ein fürchterliches, wahnsinniges Gebrüll ausgebrochen sein. Diese Szene hatte meinem letzten Führer die Besinnung geraubt; er drang darauf, dieser Hölle zu entfliehen und den Rückweg zu wagen. Aber meine Erschöpfung ließ es nicht zu, ihm zu folgen, und ich war entschlossen, mich dem Tode zu weihen, den ich für unvermeidlich hielt. Mein edler Gehilfe erklärte hierauf, auch im Tode nicht von mir zu lassen. Der letzte Führer entwich. Wir konnten ihm nicht folgen. Endlich entfernte sich das Gewitter, nachdem wir einige Augenblicke von einer Flammenhülle umgeben waren. Wir nahten uns nun der Pyramide, unter welcher wir zu unserm Schrecken den letzten Führer, der sich hierher zurückgezogen hatte, vom Blitz erschlagen fanden."

Das Wetterleuchten, welches man des Abends oder während der Nacht selbst bei ganz heiterm Himmel sieht, ohne daß man irgend einen Donner hört, ist meistens nur der Widerschein entfernter Blitze. So verweilte der berühmte Saussure in der Nacht vom 10. zum 11. Juli 1783 auf der Grimsel und bemerkte in der Richtung nach Genf Wolkenstreifen, in denen er Wetterleuchten wahrnahm, ohne das mindeste Geräusch zu hören. In derselben Nacht, und zwar zu derselben Stunde, wurde, wie spätere Nachforschungen ergaben, Genf von einem furchtbaren Wetter heimgesucht.

Schlägt der Blitz in den Sand, so bildet er sogenannte Blitzröhren, d. h. tiefgehende ästige Röhren, welche aus zusammengeschmolzenen Quarz- oder Sandkörnern bestehen, ein glasartiges, braungelbes Aussehen haben und oft 10 m lang sind. Eine derartige Röhre ward bis zum Mai 1849 im naturhistorischen Museum zu Dresden gezeigt; leider ging auch diese Seltenheit mit andern Naturschätzen durch den Zwingerbrand verloren!

Ebenso irrige Meinungen wie über den Blitz herrschten auch und herrschen zum Teil noch jetzt über die Natur des Donners, der ganz unschädlich, während er doch eben das ist, was uns bei einem Gewitter den größten Schrecken verursacht. Er entsteht lediglich durch die Schwingungen der gewaltsam erschütterten Luft. Während der Blitz sich sofort wieder verliert, kündigt der Donner uns schon aus der Ferne ein Gewitter an. Ohne uns nach dem Gewitter umzusehen, hören wir dessen Nahen am Donner, sowie er stärker und stärker wird. Der Grund, warum der Donner stets später gehört wird, als der Blitz erscheint, liegt darin, daß der Schall sich weit langsamer bewegt, als das Licht, daher wir, obschon Blitz und Donner gleichzeitig stattfinden, den Blitz eher sehen, als wir den Donner hören; das Rollen des letzteren aber rührt zum Teil vom Echo, das durch Brechung des Schalles an Wolkenschichten und irdischen Gegenständen, wie Bergen, Wäldern, entsteht, zum Teil aber auch von der langsamen Bewegung der Schallwellen her. So ist es wahr, daß der Blitz im Augenblick seinen Weg von Wolke zu Wolke oder von der Wolke zur Erde zurücklegt und hiernach der Donner auch gleichzeitig an allen Orten erdröhnt, allein es gibt keinen Ort, an welchem das Ohr sämtliche Schallwellen zugleich aufzunehmen vermöchte, da sie nur nach und nach mit ihren besonderen Echos an unser Ohr gelangen und der Knall überhaupt demselben als ein verlängertes Geräusch erscheint. Diese Beobachtungen lassen sich besonders in Berggegenden vielfach machen, da hier nicht selten der von einem und demselben Blitzstrahle erzeugte Donner plötzlich abbricht, um gleich darauf noch einmal zu erdröhnen. Wo der Blitz in der Nähe einschlägt, hört man bekanntlich nur einen einzigen, grell prasselnden Schlag, dem wenig oder gar kein Donner folgt. Derselbe Blitz aber wird in entfernterer Umgegend gewöhnlichen Donner bereiten vermöge der weithin in Aufruhr versetzten Luft. Kalte Schläge nennt man bekanntlich solche, die zwar einschlagen, aber nicht zünden. Diese haben entweder keine brennbaren Stoffe gefunden, wie in Gemäuern, oder die vorhandenen waren durchnäßt, oder es walteten noch andre Ursachen ob. Metalle schmilzt der Blitz oder bringt sie zum Glühen, und hierdurch kann dann am ehesten ein Brand entstehen, und ein einziger eiserner Bolzen in einem Dachwerk kann Ursache sein, daß das Haus abbrennt.

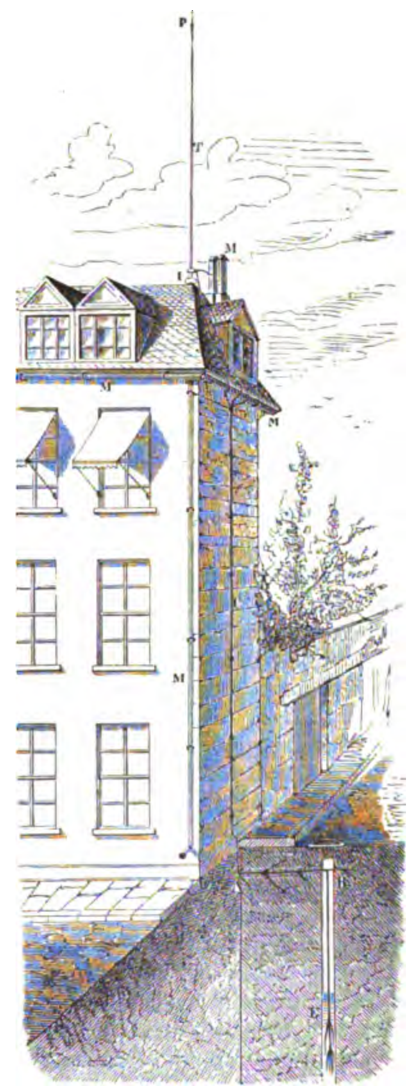
Ist es aber nun längst außer Zweifel gestellt, daß das Gewitter nichts andres ist als ein großartiger elektrischer Vorgang, so ist doch nicht mit gleicher Bestimmtheit die Frage zu beantworten, wie ein Gewitter sich bildet, da wir zu der Werkstatt, wo die Blitze gemacht werden, ja keinen Zutritt haben. Wir wissen aber erstlich, daß im Luftkreise beständig

Vorgänge stattfinden, welche geeignet sind, Elektrizität zu erregen, namentlich Verdunstung, also Auflösung von Wolken, ebenso Verdichtung, plötzliche Wolkenbildung, veranlaßt durch Mischung verschieden warmer Luftschichten. Ferner lernen wir durch feine Elektroskope, daß fast beständig, auch bei heiterm Wetter, freie Elektrizität, bald positive, bald negative, in der Luft vorhanden ist; in den höhern, trocknen Luftschichten ist sie aber beständig positiv und um so reichlicher vorhanden, je höher aufgestiegen wird. Hier könnten sich also Wolken mit positiver Elektrizität sättigen und müßten dann in Wirkung auf andre Wolken den Gegensatz, die negative Elektrizität, erzeugen. Wahrscheinlicher aber bilden sich die Wolken durch ihre Entstehung auch zugleich ihre Elektrizität und lassen sie ausstrahlen, wenn die Ladung zu stark wird. Wie dem aber sei, es haben sich Gegensätze gebildet, die nach Ausgleichung streben und dieselbe bewerkstelligen, sobald die trennende Luftschicht nicht mehr stark genug ist, das zu verhindern. Die Ausgleichung durch Blitze geschieht nun entweder von Wolke zu Wolke oder zwischen Wolke und Erde. Bleiben wir bei der Lehre von der Verteilung, so wird die gebundene Elektrizität in der Erde oder Wolke durch die freie der Gewitterwolke zerlegt, die gleichnamige abgestoßen, die entgegengesetzte angezogen, und sobald die dazwischen befindlichen Hindernisse überwunden werden können, so erfolgt die Vereinigung unter Blitz und Donner. Daß der Blitz auf seinem Wege zur Erde nach den höchsten Punkten, Türmen, Bäumen ꝛc., geht, bedarf nach allem, was wir vom elektrischen Funken schon wissen, wohl keiner Erklärung weiter; er kürzt sich damit eben den beschwerlichen Weg durch die Luft ab.

Wir wollen nun zu Franklins großer Erfindung, dem **Blitzableiter**, zurückkehren. An Gelegenheit, dergleichen zu sehen, fehlt es nicht; denn man findet Blitzableiter jetzt fast auf jedem öffentlichen Gebäude und auf den bedeutenderen Privatgebäuden oft in großer Ausdehnung. Ein Blitzableiter besteht in seiner einfachsten Gestalt zunächst aus der auf dem höchsten Punkte des Gebäudes befestigten eisernen, oben zugespitzten, 3—4 m langen **Auffangestange**, an welche sich dann die **Leitung** schließt, welche ebenfalls aus Eisen, entweder starkem Eisenblech oder zusammengewundenem starken Drahte besteht und dazu bestimmt ist, die aus der Luft durch die Auffangstange gezogene elektrische Materie unschädlich in die feuchte Erde zu führen. Diese Leitung ist einige Fuß unter der Erde in rechtem Winkel abgebogen und endet in einiger Entfernung in einem Brunnen oder in einer mit Holzkohlen ausgefüllten, beständig feuchten Erdschicht. Die Versenkung in den Erdboden muß durchaus richtig geschehen, wenn der Blitzableiter wirklich Schutz gewähren soll. Die Wirksamkeit der ganzen Einrichtung hängt nämlich davon ab, daß nicht allein die Elektrizität aus dem Boden durch die Leitung in die Auffangestange und aus dieser durch die Spitze in die gewitterschwangere Luft, sondern daß auch die Elektrizität aus der Leitung möglichst rasch in den Boden übergehen kann. Und darum eben muß das Ende der Leitung in **feuchtem** Erdreich liegen, denn die zahllosen feinen Wasseradern im

Boden sind leitende Äste, in denen sich der Blitzstrahl verzweigt, oder welche die neutralisierende Elektrizität herbeiführen. Ist der Blitzableiter nicht tief genug in die Erde hinabgeführt, so kann er für das Haus eher schädlich als nützlich werden; denn der Blitz springt dann leicht in das Gebäude wieder zurück.

Da die elektrische Materie nur an ganz rostfreies Metall geht, so muß der Blitzableiter durch einen Ölfarbenanstrich vor dem Verrosten gesichert sein; ferner macht man auch die Spitze der Auffangstange von Kupfer und vergoldet sie, ja die besten Blitzableiter sind oben noch mit einer Platinaspitze versehen, da Platina bekanntlich gar nicht rostet oder oxydiert. Weil der Blitz von einer unterbrochenen Leitung leicht abspringt, so muß dieselbe öfters untersucht werden, ob in den Verbindungen stets Metall und Metall sich berühren, die Flächen nicht etwa gerostet oder die Leitung vielleicht irgendwo abgebrochen sei. Man macht auch kupferne Leitungen, entweder in Form von Flachschienen oder Drahtseilen, die zwar teurer, aber auch bessere Leiter sind. Diese Leiter dürfen aber nicht nahe bei Feueressen stehen, sonst verderben sie rasch. Der Rauch enthält nämlich stets reichlich Ammoniak, und dies greift das Kupfer fast ebenso heftig an wie Scheidewasser. Neuerdings legt man selbst Blitzableiter ohne Auffangstangen an. Da die eisernen Bänder längs des Firstes hin- und über das Dach zur Erde herablaufend die höchsten Teile des Gebäudes mit dem Erdboden verbinden, so gewähren sie einigen Nutzen, jedoch viel geringeren als die Ableiter mit Spitzen. Man scheint hierbei geglaubt zu haben, daß man den Blitz durch Ableiter mit Fangstangen geradezu herabzuziehen vermöge.



Zur Theorie des Blitzableiters.

Dies könnte aber nur dann geschehen, wenn die Wolke sich unmittelbar über dem Blitzableiter befindet; ein Herabziehen derselben ist nicht möglich. Ist aber die elektrische Spannung zwischen Wolke und Erde so groß, daß es zum Einschlagen kommt, so wird bei guter Beschaffenheit des Ableiters der Blitz an demselben spurlos zur Erde niederfahren. Dagegen tragen die Fangstangen viel zur stillen Ausgleichung der vorhandenen Spannung entgegengesetzter Elektrizitäten bei. Der Blitzableiter zerlegt in solchem Falle die im Ableiter befindlichen verbundenen Elektrizitäten, stößt die gleichnamige ab, daß dieselbe nun frei in die Erde entweichen kann, und strömt die ungleichnamige aus, worauf dieselbe durch die Spitze in die Wolke entweicht. Schlägt der Blitz trotz des Blitzableiters in ein Haus ein, so war sicher die Leitung schadhaft. Da erfahrungsmäßig der Blitzableiter die elektrische Materie nur aus einer Entfernung anzieht, die der doppelten Entfernung seiner Spitze vom Erdboden gleichkommt, so gibt man größern Gebäuden nicht eine, sondern mehrere Auffangstangen, die aber durch Zwischenleitungen miteinander und mit der Hauptleitung verbunden sein müssen, in welche man zugleich die metallene Dachrinne und dergleichen mit einschließt.

Hauptsache ist bei jeder Blitzableiteranlage, daß alle größeren Metallmassen eines Gebäudes, wie Metalldächer, Dachrinnen, eiserne Schließen, Traversen, Geländer, sowie auch diejenigen Teile, welche, wenn auch nicht von großer Masse, doch eine ausgedehntere metallische Leitung herstellen, wie z. B. außerhalb des Gebäudes angebrachte Röhrenleitungen, wie die Wasser- und Gasleitungen, mit der Blitzableitung in solider metallischer Verbindung sein müssen, damit nicht im Falle des Einschlagens ein Überspringen auf solche Gegenstände stattfindet, was, wenn diese Gegenstände isoliert wären, große Beschädigungen und Zerstörungen herbeiführen könnte.

Von einer guten Leitung springt das elektrische Fluidum selten oder vielmehr nie ab. Die Leitung muß aber unter allen Umständen stark genug sein, sonst wird sie vom Blitz geschmolzen oder zerschmettert.

Der Nutzen der Blitzableiter hat sich seit einer langen Reihe von Jahren immer aufs neue bewährt. Schon kurze Zeit nach Erfindung des Blitzableiters zeigte man die Spitze einer derartigen Vorrichtung, welche von einem Blitzstrahle wie ein Eisendraht geschmolzen worden war. An dem Hause selbst hatte der Blitz keine Spur zurückgelassen. Der erste Blitzableiter wurde von Franklin 1770 auf das Haus von Benjamin West gesetzt; er war nur unwesentlich von den jetzigen verschieden. Wie zur Bestätigung schlug kurz darauf der Blitz ein und ging unschädlich zur Erde. So kamen im Staate Carolina in Amerika, welcher vom Gewitter ungemein viel zu leiden hat, die Blitzableiter schon um 1760 in so allgemeine Anwendung, daß man sie auf fast allen Häusern erblickt, und die Erfahrung hat bewiesen, daß sie in den meisten Fällen der beabsichtigten Wirkung entsprochen haben. So lange jedoch ein Haus durch eine derartige Vorrichtung noch nicht vor Blitzschlägen geschützt ist, müssen andre Vorsichtsmaßregeln in Anwendung gebracht werden, von denen einige hier, ihrer Wichtigkeit wegen, erwähnt

werden sollen. Während eines nahen Gewitters soll man sich nicht an den Fenstern oder in der Nähe von eiserner Öfen, metallnen Kronleuchtern, nicht in der Nähe von Drahtzügen, von Spiegeln, deren Belegung aus Metall besteht, ferner von Dachrinnen aufhalten, sich auch nicht an die Wände lehnen.

Feuer auf dem Herde zu unterhalten, in die Küche unter den Schornstein, den höchsten Gegenstand des Hauses, zu treten, wo der Ruß eine gute Leitung bietet, mit vielen Menschen in einer Stube zusammen zu sein, ist stets bedenklich. Jedenfalls ist der sicherste Platz in der Mitte eines größeren Zimmers, dessen Fenster man nicht verschlossen zu halten braucht. Überrascht uns ein Gewitter auf dem Felde, so ist die Gefahr, erschlagen zu werden, nicht unbedeutend, indem der Mensch in der ebenen Fläche dann der höchste Gegenstand ist. Es haben daher manche vorgeschlagen, sich lieber dem Regen auszusetzen und sich auf die Erde niederzulegen, als fortzugehen. Am gefährlichsten jedoch ist es, sich während des Gewitters unter einen Baum zu stellen, indem dieser, als höchster Gegenstand, den Blitz mehr als andre Gegenstände herbeizieht, weshalb auch der geistreiche Naturforscher Lichtenberg, welcher sich viel mit der Elektrizität beschäftigt hat, vorschlug, an jedem frei im Felde stehenden Baume ein Täfelchen mit der Aufschrift anzuheften: „Allhier wird man vom



Ein Blitzschirm. (Vgl. S. 132.)

Blitz erschlagen." Unter allen Bäumen sind die Eichen die vorzüglichsten Leiter, daher auch hier die Gefahr am größten. Dagegen droht uns fast keine Gefahr, wenn wir während eines Gewitters im Walde fortgehen, indem der Blitz hier eine Menge bequemer Wege findet; denn trifft z. B. der Blitz einen Baum, so fährt er stets am Stamme herab in die Erde.

Nicht minder heilsam wie den Gebäuden sind die Blitzableiter den Schiffen, ja diesen noch viel nötiger, denn ein einzelnes Schiff als einziger über die allgemeine Fläche hervorragender großer Gegenstand wird von einem nahen Gewitter fast mit Sicherheit getroffen. Auch zur See bewährte sich das Schutzmittel bald, und schon der berühmte Seefahrer Cook erzählt den Fall, daß dicht neben ihm ein holländisches Schiff, das keinen Ableiter hatte, vom Blitz schwer beschädigt wurde, während das seine, besser geschützte, frei ausging. Heute wird kaum irgend ein Schiff ohne Ableiter in See gehen; die Auffangstange ist über den höchsten Mast hinausgeführt und die Leitung bildet eine Eisenkette, die bis ins Meer hinabgeht.

Während man jetzt genau weiß, wie viel und unter welchen Bedingungen man von einem Ableiter etwas verlangen kann, machte man sich im vorigen Jahrhundert noch weitere Hoffnungen und gedachte selbst seine eigne werte Person durch einen blitzableitenden Regenschirm schützen zu können. Wahrscheinlich ist es nur bei den Plänen geblieben, aber diese kamen mehrfach zum Vorschein. Der Blitz sollte in eine metallene Spitze über dem Schirm eintreten und durch einen nachgeschleppten Draht in die Erde gehen. Aber er ist eine zu massenhafte Erscheinung, als daß er nicht auch den Körper mit zum Durchgange benutzen sollte. Man ist deshalb von einem so zweifelhaften Sicherungsmittel bald wieder abgekommen.

Hier seien noch einige recht merkwürdige Wirkungen des Blitzes erwähnt: In Sprachendorf in Schlesien schlug an einem Sonntage, nämlich am 7. August 1803, der Blitz in die Kirche. Die anwesenden Personen wurden fast alle betäubt zu Boden geworfen; gegen fünfzig traf und streifte der Blitz, und nur ein siebzehnjähriges Mädchen, das eine silberne Kette um den Hals getragen hatte, empfing den Todesschlag, die Kette aber war vom Blitz geschmolzen worden. Übrigens lagen gar viele von den Goldhauben, mit denen sich in jener Gegend die Frauen schmückten, versengt in der Kirche umher. Sonderbar genug blieb gerade derjenige Mann, welcher in der Nähe des Fensters saß, durch das der Blitz hereingefahren war, völlig unbeschädigt.

In Paris begegnete einem Manne auf seiner Rückkunft aus einer Vorstadt folgender Fall, den er selbst so beschreibt: „Kurz vor Eintreffen in meiner Wohnung wurde ich von einem starken Gewitter überrascht; mehrere Donnerschläge folgten rasch einander; große Regentropfen fingen an zu fallen; ich hatte nur noch wenige Schritte bis zu meiner Wohnung. Ich fing an zu laufen. Plötzlich sehe ich mich von so starkem Licht umgeben, daß ich einen heftigen Schmerz in den Augen empfinde. In demselben Augenblicke fiel ein fürchterlicher Donnerschlag; mein Hut flog zehn Schritte weit weg, doch ein starker Regenguß brachte mich schnell aus dem Zustande

von Blendung und Betäubung wieder zur Besinnung, und in großer Freude darüber, daß ich noch so gut wie immer sehen konnte, kam ich nach Hause. Als ich mich zu Bette legte, wollte ich meine Uhr aufziehen, und da erst bemerkte ich, daß der Blitzstrahl seinen Weg durch die linke Tasche meiner Weste, wie ein verbranntes Loch darin zeigte, genommen hatte. Während ich lief, um noch vor dem Regengusse nach Hause zu kommen, hing der mittlere Teil der Uhrkette frei über der Weste; in diesen Teil der Kette, muß der Blitz hineingefahren sein, während der Haken, der die Uhr hielt, und die nächsten Kettenglieder verschwunden waren. Ein goldener Ring, der mehrere Berlocks zusammenhielt, war in fünf Stücke zerbrochen. Der stählerne Uhrschlüssel, oben mit Gold belegt, war ganz weggerissen, mit Ausnahme des Teils, der von Gold war. Einer kleinen Bussole von Silber waren die Pole umgekehrt worden. Die Uhr erschien äußerlich ganz unbeschädigt, sogar der Ring, aus welchem der Haken herausgerissen worden war. Aber obwohl es zur Zeit des Blitzschlags erst halb zwei Uhr war, wiesen die Zeiger auf $4^3/_4$ Uhr, und die Uhr stand still. Als ich sie aufziehen wollte, sah ich die Zeiger sich in Bewegung setzen. Der Blitz scheint, während er die Zeiger fortgerückt, zugleich auch die Bewegung der einzelnen Teile der Uhr, vielleicht durch Erregung von Magnetismus, der erst später wieder aufhörte, gehemmt zu haben. Die Kette der Uhr, welche offenbar als Leiter gedient hatte, zeigte keine äußere Spur davon, daß sie den Blitz geleitet. Was mich selbst betrifft, so fühlte ich erst in den folgenden Tagen eine Steifigkeit in den Gliedern, derjenigen ähnlich, die von großer und ungewohnter körperlicher Anstrengung herrührt; sonst kein Zeichen, keine Spur, weder auf meinen Kleidern, noch auf meiner Haut. Ich muß hier eine Eigentümlichkeit meiner Bekleidung erwähnen, die sicherlich dazu beigetragen, daß der Blitzstrahl die angegebenen Wirkungen hervorgebracht. Ich habe in Spanien die Gewohnheit angenommen, über dem Hemde und folglich unter der Weste eine rotseidene Binde zu tragen, die 15—20 cm breit, vier oder fünfmal um den Leib herumgeht. Sollte diese Binde mich nicht dadurch gerettet haben, daß sie den Blitzstrahl bestimmt hat, seinen Weg durch meine Kleider, statt durch meinen Körper zu nehmen?"

Dieser Bericht ist der Akademie der Wissenschaften zu Paris in einer großen Sitzung von Biot vorgelesen worden; auch haben die im Bericht erwähnten, vom Blitz getroffenen Gegenstände zur Besichtigung vorgelegen.

Wir schließen an diese beiden denkwürdigen Fälle noch die zwei nachfolgenden. Am 23. Mai des gewitterreichen Jahres 1803 wurde zu Drechtow, einem Dorfe in der Mittelmark, ein Schäfer nebst seinem Hunde und vierzig Schafen vom Blitz erschlagen. Letztere lagen zerstreut umher um ihren getöteten Hirten, und ungeachtet man nirgends eine Spur von der abgestreiften Wolle fand, waren doch sämtliche Schafe nackt. Auch der Schäfer lag völlig unbekleidet da, die Beinkleider waren fast ganz zerrissen, hingen aber doch noch so zusammen, daß es unbegreiflich schien, auf welche Weise sie sich vom Leibe getrennt haben. Der Stab des getöteten Mannes, unter dessen

Halse man im Erdboden zwei Löcher bemerkte, seine Tabakspfeife und seine Hirtentasche, kurz alles war zertrümmert und lag einige Schritte von ihm auf einem erschlagenen Schafe.

Ein wahres Massenunglück hat man im Spätsommer 1870 aus dem nordamerikanischen Städtchen Kingston am Hudson berichtet. Dort wurde eine Menschenmenge, die sich neben einem Reiterzirkus befand, von Blitzen überfallen, und es gab im Nu fünf Tote und nahezu 200 mehr oder weniger ernstlich Beschädigte. Der Zirkus selbst schien keinen andern Schaden genommen zu haben als ein großes Loch, das der Blitz in das Zeltdach gerissen hatte, und durch welches nun Ströme von Regen eindrangen. Als aber die Zuschauer das stattgefundene Unglück erfuhren und nun eilig ins Freie stürzten, wurde man erst gewahr, daß eine große Anzahl unfähig war zu folgen. Sie saßen wie Bildsäulen, stieren Auges, und konnten nicht ermuntert werden, sondern erholten sich erst später unter ärztlicher Fürsorge.

Die Leitungsdrähte und übrigen Apparate der elektrischen Telegraphen, deren Bedeutung wir im nächsten Kapitel eingehender besprechen, sind durch Blitze mehrfach beschädigt und zerstört worden, was bei den langen bequemen Wegen, welche hier der Elektrizität geboten sind, auch gar kein Wunder ist. Schon aus weiter Ferne her können Gewitterwolken in den Drahtleitungen Strömungen erregen, welche den telegraphischen Dienst stören und unterbrechen. Doch kann man wenigstens das Innere der Telegraphenstationen vor stärkeren Entladungen ziemlich schützen durch die Steinheilschen Blitzableiter. Diese Apparate sind andrer Natur und Einrichtung, als die bereits beschriebenen, und beruhen auf dem Grundsatze, daß die Luftelektrizität gleich der der Maschine Lücken überspringt, die galvanische, in den Apparaten erzeugte dagen nicht. Man denke sich nun, daß die Drahtleitung, während sie in eine Station einbiegt, zu den Apparaten und wieder hinaus geht, zugleich von beiden Seiten her einen zweiten Draht geradeaus fortsendet, diese Stücke also einander entgegenlaufen. Die Enden derselben sind an größere Metallplatten befestigt, und diese beiden Platten stehen sich so nahe, daß der Zwischenraum nur eine Papierstärke beträgt und gewöhnlich auch mit Papier ausgefüllt ist. Hier geht die Elektrizität der Batterie nicht durch, wohl aber werden etwaige Ströme von Luftelektrizität überspringen; direkt niederfahrende Blitze freilich dürfen dies nicht sein, denn die schmelzen wohl auch den Ableiter.

Früher nahm man an, daß die Elektrizität bei der Bildung des Hagels hauptsächlich mitwirke, und suchte deshalb die Felder durch eine neue Art Blitzableiter zu schützen. Diese Ableiterfrage wurde in den zwanziger Jahren unsres Jahrhunderts besonders lebhaft behandelt und der Plan hier und da zur Ausführung gebracht. Es ergab sich indes, daß die so geschützten Felder gerade ebenso verhagelt wurden wie andre; die wissenschaftliche Spekulation war also fehl gegangen, und in unsrer Zeit ist von Hagelableitern keine Rede mehr.



Galvanische Versuche an Tieren.

Galvanische Elektrizität und ihre Anwendung.

Unter den Wirkungen, die sich durch elektrische Entladungen hervorbringen lassen, erregten diejenigen auf lebende und selbst tote Tier- und Menschenkörper im vorigen Jahrhundert mit das meiste Aufsehen. Die Elektrizität, wenn sie durch einen lebenden oder auch toten Körper als Leiter geht, zwingt denselben zu unfreiwilligen Muskelbewegungen. Diese Erscheinungen müssen für unsre Vorgänger einen ganz besondern Reiz gehabt haben, denn es wurden solche Experimente in Unzahl gemacht, und Legionen von Fröschen, Kaninchen und anderm Getier fielen ihnen zum Opfer. Auch menschliche Leichen und Köpfe wurden gelegentlich den Versuchen unterworfen, nachdem man erst galvanische Batterien hatte bauen lernen, welche

unausgesetzte starke Elektrizitätsströme ausgeben. Ein solches Experiment mit allen seinen Schrecken machte noch 1818 Dr. Ure in Glasgow an der Leiche eines zum Tode verurteilten Verbrechers, die er ihm bei Lebzeiten selbst abgekauft hatte. Je nachdem die Enden der Leitungsdrähte der eine an einen Nerven, der andre an einen Muskel angesetzt wurden, konnte man die heftigsten Muskelbewegungen des Gesichts und der Augen sowie verschiedene Bewegungen der Gliedmaßen hervorbringen.

Doch versetzen wir uns zurück in das Jahr 1790 und in die italienische Universitätsstadt Bologna. Dort hatte der Professor Galvani durch Zufall eine Entdeckung gemacht. Er hatte nämlich seiner Frau, die an einem lästigen Husten litt, eine Froschbrühe verordnet. Während er mit der Elektrisiermaschine experimentierte, bereitete einer seiner Gehilfen die Frösche nach den Angaben des Professors zu, was in nächster Nähe der Maschine geschah. Da auf einmal gerieten die toten Frösche in die lebhaftesten Zuckungen. Galvani erkannte bald, daß diese merkwürdige Erscheinung nur eine Ursache der Elektrizität sei, und seitdem machte er emsig mit frisch getöteten Tieren Experimente. Da bemerkte er eine neue überraschende Erscheinung: das präparierte Hinterteil eines Frosches war mit einem kupfernen Haken an ein eisernes Geländer aufgehangen worden; so oft nun aber der eine oder der andre Teil des Präparats an das Eisen stieß, gerieten die Schenkel in lebhafte Zuckungen. Hier zeigte sich also eine neue Quelle von Elektrizität; aber nun entstand die Frage, wo sie liege. Galvani suchte sie im Tierkörper selbst, der nach seiner Meinung immer mit den beiden Elektrizitäten geladen sei, die sich durch den metallischen Leiter hindurch vereinigten, und zwar wohne die eine in den Muskeln, die andre in den Nerven. Er verglich den Tierkörper mit einer geladenen Leidener Flasche und nahm also eine tierische Elektrizität an. Er glaubte sogar hinter das Geheimnis des Lebens gekommen zu sein, und seine weiteren Studien wurden von diesem Standpunkte aus geführt. Seiner Anschauung trat aber ein andrer Gelehrter, Volta, entgegen und behauptete, die Elektrizität komme von außen, und das tierische Stück sei nur der Leiter; sie werde rege durch die Berührung der zweierlei Metalle unter sich. Den Beweis führte er, indem er nachwies, daß ein Zink-Kupferstreifen, der am Zinkende in der Hand gehalten wird, während man mit dem Kupfer die Platte eines Elektroskops berührt, dieselbe ladet. Galvani aber erklärte sich hierdurch nicht für widerlegt, sondern zeigte durch Experiment, daß erstlich ein Schließdraht aus einem einzelnen Metall ebenfalls die Erscheinung hervorrufe, wenn auch schwächer, und zweitens, daß auch dieser noch wegfallen könne und gar kein Metall erforderlich sei, denn man erhalte auch Zuckungen, wenn man ein Stück eines Nerven frei mache und ihn mit dem Muskel in Berührung setze. Dies letzte Experiment beweist denn auch aufs einfachste eine wirklich tierische Elektrizität. Beide verdiente Gelehrte kämpften sonach mit Thatsachen, und jeder fand seine Anhänger, so daß die ganze gelehrte Welt sich in zwei Lager spaltete und lange getrennt blieb, bis man nach gewonnener tieferer

Einsicht sich sagen mußte, daß beide recht gehabt und nur die Sache von verschiedenen Standpunkten aufgefaßt hatten.

Die Art und Weise, wie man die hintere Hälfte eines Frosches zum Experiment vorrichtet, ist aus untenstehender Figur ersichtlich. Das Stück wird abgehäutet, oben ein Stück Wirbelsäule frei gemacht und von diesem wieder etwas Rückenmark entfernt, so daß an dieser Stelle nur die beiden Schenkelnerven verbleiben. Hier wird das eine Ende des metallenen Schließbogens, und zwar das kupferne (c) durchgesteckt, und das Präparat ist fertig. So oft man nun mit dem Zinkende (z) gegen die Außenseite, also den Muskel stößt, machen die Schenkel einen Schneller, und dies läßt sich so oft wiederholen, als das Präparat frisch bleibt. An sich selbst kann man die elektrische Erregung durch zwei Metalle spüren, wenn man eine Kupfermünze auf und eine silberne unter die Zunge legt oder umgekehrt; in demselben Moment, wo man durch einen Druck die Münzen vor der Zungenspitze zum Zusammenstoß bringt, empfindet man ein eigentümliches Gefühl auf der Zunge und es hinterbleibt für eine Weile ein salzig-metallischer Geschmack.

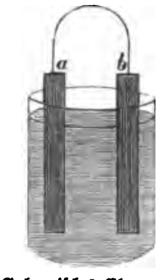


Galvanisches Experiment am Froschschenkel.

Der über ein halbes Jahrhundert angedauerte Gelehrtenstreit über den eigentlichen Ursprung der galvanischen oder Kontakt- (Berührungs-) Elektrizität hat sich gelegt, nachdem sich ein allgemeiner Gesichtspunkt für die Sache gefunden hat. Wenn sich Stoffe verschiedener Natur berühren, so wirken sie chemisch aufeinander ein, was sich in vielen Fällen deutlich nachweisen läßt. Aus der chemischen, den Zustand der Atome verändernden Wirkung folgt die elektrische. Wenn an dem Froschpräparat erstlich zwei Metalle sich berühren, so ist ein Wirkungspunkt gegeben; beide stehen außerdem mit der Luft in Berührung, die immerfort oxydierend auf sie wirkt; die Berührung mit dem tierischen Körper ist eine weitere Erregungsstelle, und schalten wir das eine und selbst beide Metalle aus, so bleibt immer noch die Aufeinanderwirkung der verschiedenen Feuchtigkeiten der Nerven und der Muskeln. Stellen wir einen Zinkstreifen in Wasser, so ist die elektrische Erregung gering, aber nachweisbar; bringen wir dazu einen Kupferstreifen, der das Zink außerhalb des Wassers berührt, so sind die Gegensätze verstärkt und die Wirkung wird deutlicher: das Zink verwandelt sich mit der Zeit in Oxyd. Wird aber außerdem das Wasser mit einer Säure gemischt, so haben wir den höchsten Grad chemischer und damit elektrischer Wirkung: das Zink

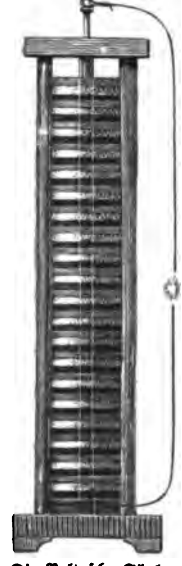
wird aufgezehrt, d. h. es verwandelt sich in Oxyd und dieses tritt mit der Säure zu einem Salz zusammen. Die Wirkung und Elektrizitätsentwickelung dauert an, bis entweder das Metall oder die Säure aufgezehrt ist. Es besteht also zwischen der galvanischen und der Reibungselektrizität der Unterschied, daß letztere sich augenblicklich entladet, erstere sich dauernd entwickelt, gleichsam beständig fortfließt, und deshalb nennt man diese Bewegung gewöhnlich einen Strom. Wenn man, statt die beiden Metalle sich direkt berühren zu lassen, sie durch einen Metalldraht verbindet, so ändert dies an der Sache nichts, auch wenn der Draht noch so lang ist. Es geht dann ein positiver Strom vom Zink aus, ein negativer vom Kupfer, und beide begegnen sich im Drahte, vereinigen sich und verschwinden. Dieser Kreislauf äußert sich durch nichts; bringt man aber eine schwebende Magnetnadel in die Nähe des Drahtes, so wird sie nach dieser oder jener Seite hin abgelenkt; leitet man den Draht um ein Stück weiches Eisen, ohne daß dieses berührt wird, so verwandelt der Strom dieses für die Dauer seiner Wirksamkeit in einen kräftigen Magneten. Teilt man aber den Draht in der Mitte und schaltet Flüssigkeiten oder andre Leiter ein, so können wir noch eine ganze Reihe chemischer und physikalischer Wirkungen der Elektrizität erhalten, welche später zur Sprache kommen werden.


Elektrizitätserzeugung durch Berührung.



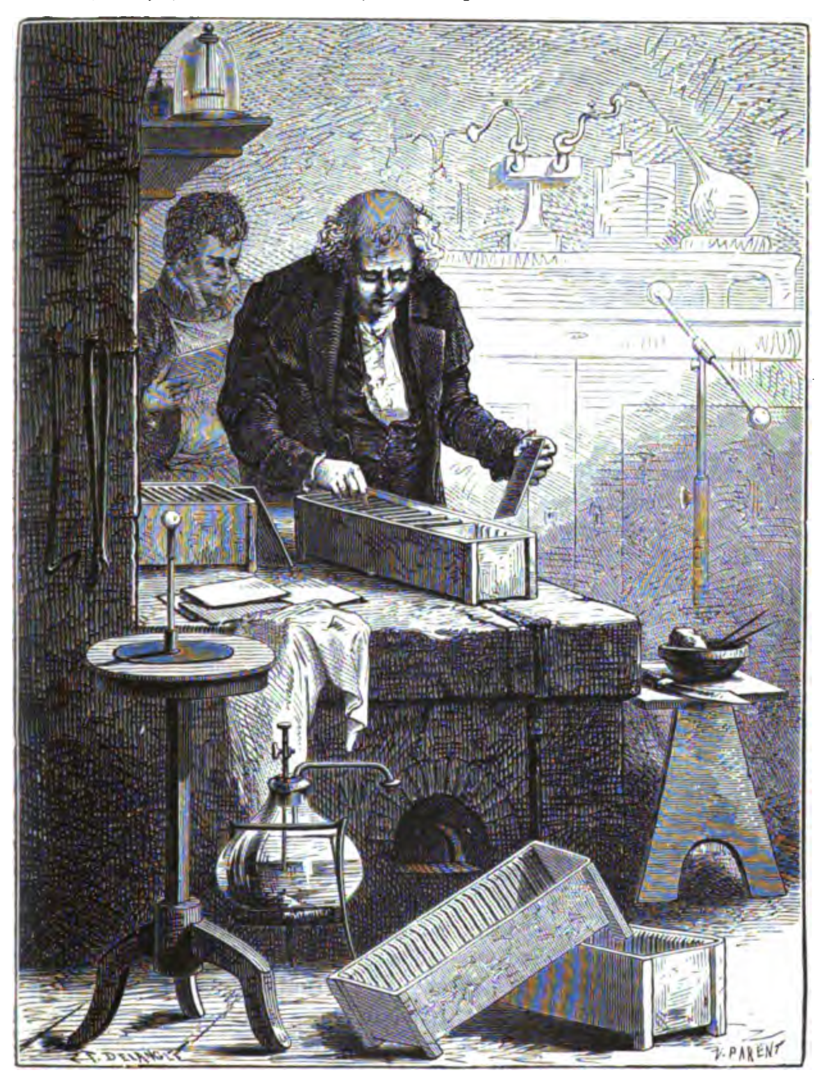
Galvanisches Element. a Zink; b Kupfer.

Braucht man starke Ströme, so muß man die Zahl der Elemente oder Plattenpaare vermehren und sie durch Leitungen so verbinden, daß sie als Ganzes wirken. Hiernach konstruierte schon Volta die nach ihm benannte Säule. Dieselbe besteht aus paarweise zusammengelöteten Platten von Silber und Zink, oder von Kupfer und Zink. Zwischen jedem Plattenpaare liegt ein Stückchen mit schwacher Säure oder Salzwasser getränktes Tuch oder Pappe, so daß die Reihe Zink, Kupfer, Tuch sich wohl 50 bis 100 und mehrmal wiederholt. Begann die Reihe mit dem Zink oder positiven Pole, so muß sie mit Kupfer oder dem negativen Pole schließen. Beide Pole werden durch eine Drahtleitung fortgesetzt; verbindet man die beiden Enden der Drähte, so entsteht der elektrische Strom, unterbricht man aber die Kette ein wenig, so bildet sich zwischen den beiden Drahtenden ein elektrischer Funke.


Die Voltasche Säule.

Dieser Apparat ist veraltet, da er nicht lange wirksam bleibt, weil die Tuchscheiben nur wenig Flüssigkeit aufnehmen, die überdies durch das Gewicht

der Metallpatten zum Teil wieder ausgepreßt wird, und weil das entstehende Zinkoxyd sich hindernd auf die Platten legt.



Cruikshanks Trogapparat.

Besser sind daher Becherapparate, wie sie entstehen, wenn man die Figur auf S. 138 oben vervielfacht und die einzelnen Stücke durch Drähte so verbunden denkt, daß immer ein Bügel vom Kupfer des einen zum Zink

des nächsten Bechers geht. Das erste und letzte Ende der Reihe gibt dann die im ganzen Apparat erzeugte Elektrizität aus.

In gleichem Sinne wirken die Trogapparate, welche zuerst von Cruikshank statt der Voltaschen Säule angegeben wurden und statt des stehenden einen liegenden Apparat bilden. Für sämtliche Platten ist hier ein einziger großer Kasten vorhanden, welcher in eine Reihe Fächer (Zellen) abgeteilt ist, in deren jedem ein verbundenes Kupferzinkpaar steht. Sämtliche Paare sind oberhalb metallisch verbunden und in die Zellen ist angesäuertes Wasser gegossen.

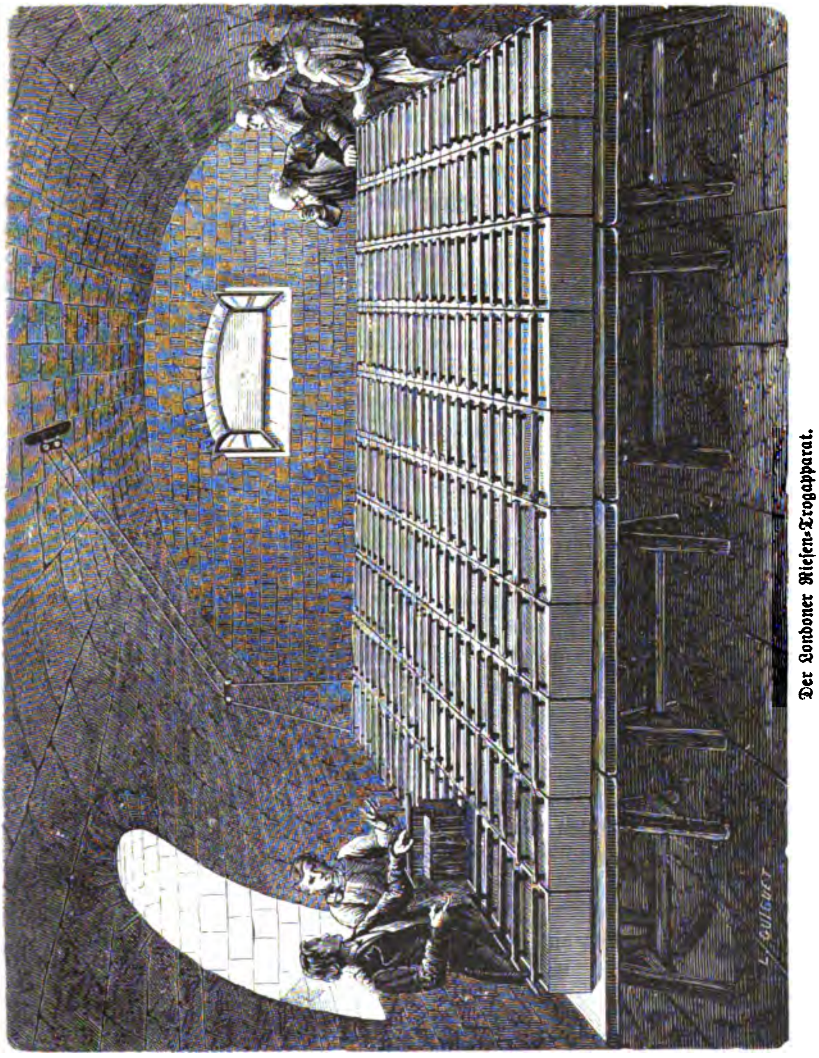
Wenn die Einrichtung so getroffen wird, daß in die Seitenwände Kerben geschnitten sind, in welche die Platten eingezogen und eingekittet werden, so bilden sie ihre Zellen selbst, und es sind besondere Scheidewände nicht nötig.

Da solche Apparate sich in der Anzahl und Ausdehnung der Platten beliebig vergrößern lassen, so hat man es in der Hand, die stärksten Wirkungen hervorzubringen, wie man sie früher kaum an den größten Leidener Batterien kannte. Wohlgemerkt aber, während dort mit einem Schlage die ganze gesammelte Elektrizität verpufft war, gehen hier die Wirkungen kontinuierlich fort. Die größte jemals gebaute Batterie derart war wohl die in London, welche dem berühmten Chemiker Davy zu seinen wichtigen Versuchen und Entdeckungen diente. Hier waren 200 Porzellankästen verbunden; jeder enthielt ein System von 10 Plattenpaaren; jede Platte maß 32 englische Zoll Quadrat. Es waren also im Ganzen 2000 Paare vorhanden, und die gesamte metallische Oberfläche betrug $82{,}_5$ Quadratmeter. Der in Thätigkeit befindliche Apparat entwickelte so viel Wasserstoff (s. w. unten), daß der Aufenthalt in seiner Nähe gefährlich war. Er stand daher in einem Keller und sendete seine zwei Leitungsdrähte in ein oberes Lokal.

Gehen wir von diesem schweren Geschütz zum andern Extrem und sehen wir, wie unter anscheinend sehr wenig günstigen Umständen doch noch schwache Wirkungen erhalten werden. Dies ist der Fall in der trockenen Säule von Zamboni, 1810 Professor zu Verona. Dieselbe besteht aus einer Menge, tausend bis mehrere tausend Elemente von Kupfer, Zinn und Papier, und wird einfach dadurch hergestellt, daß man von unechtem Gold- und Silberpapier runde Scheiben von $2^1/_2$ bis 5 cm Durchmesser so aufeinander legt, daß immer eine Kupfer- und eine Zinnlage sich berühren. Die Zwischenlagen von Papier müssen also den Leiter abgeben. Diese Säule wird in einem Glascylinder aufgeschichtet, zusammengepreßt und dem Cylinder an beiden Enden ein Metallverschluß gegeben. Macht man die Säule liegend, so führt man von den beiden Enden je eine metallenen Leitung nach oben, die in Knöpfen endigt; sonst kann man auch zwei oben geknöpfte Säulen aufstellen und sie unten metallisch verbinden. Zwischen diesen, die nun die Pole sind, wird ein leichtes Pendel aus den uns bekannten Gründen hin und her gestoßen werden.

Das sieht aus wie ein sogenanntes Perpetuum mobile und ist doch keins, denn nach mehreren Jahren hört die Bewegung endlich ganz auf,

weil die Metalle zu oxydieren pflegen. Man muß den Apparat übrigens zur Abhaltung von jeder Luftfeuchtigkeit in einem Glasgehäuse aufbewahren.



Der Londoner Riesen-Trogapparat.

Er zeigt sich in Schaufenstern der physikalischen Instrumentenmacher, und Liebhaber hatten ihn früher auch als Spielwerk in verschiedenen Formen, z. B. wie er eine Seiltänzerfigur in Schwingung setzt, wie das Bild S. 143 zeigt, bei dem die Säule ins Innere verlegt ist und nur die Pole heraussehen.

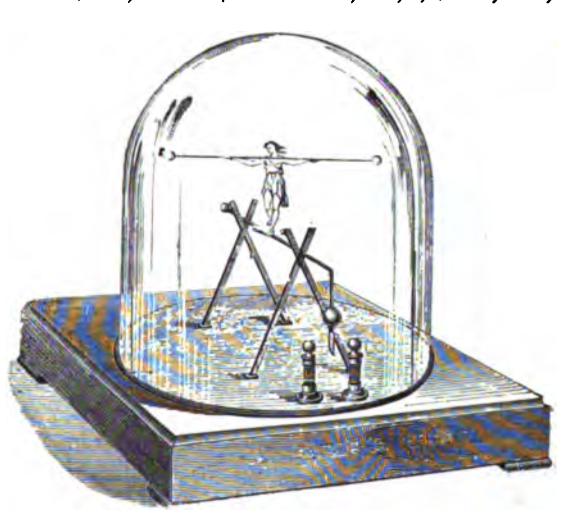
Erst in der Gegenwart hat die Zambonische Säule eine praktische Verwertung gefunden, nämlich zur Herstellung des sehr empfindlichen Elektroskops von Bohnenberger und Fechner, wo die Stelle des Pendels ein feines Goldblättchen einnimmt, das bei der geringsten Spur vorhandener Elektrizität entweder vom negativen oder positiven Pol angezogen wird.

In neuerer Zeit haben die Apparate zur Erzeugung von galvanischer Elektrizität größtenteils eine gerundete Form, indem man aus den benutzten Metallblechen und aus gebranntem Thon Hohlcylinder bildet und sie in gläsernen, steinernen oder unter Umständen auch kupfernen Hohlgefäßen in einander stellt. Nicht durchgängig bilden Zink und Kupfer die Gegensätze und Erreger; an den so viel gebrauchten Bunsenschen Batterien ist das Kupfer durch Kohlencylinder ersetzt, die am obern Rande nur einen metallenen Ring haben und ganz eben so kräftig wirken wie Kupfer. Sie bestehen aus Kokspulver, das mit ein wenig Teer zu formbarer Masse gemischt wird, die man in Formen preßt und klingend hart brennt. Einige Erfinder von Apparaten haben Zink und Silber, Zink und Platin zusammen gestellt; das Zink aber behält seinen Platz. Um dasselbe vor allzu heftigem und ungleichmäßigem Zerfressen zu schützen, wird es allgemein amalgamiert, d. h. mit Quecksilber überrieben.

Die Zahl der aufgetauchten Konstruktionen und Abänderungen galvanischer Apparate ist eine beträchtliche, und beständig melden sich noch neue. Wir können hier nur wenige der gebräuchlichsten erwähnen. Von jedem Apparat wird jetzt verlangt, daß er möglichst konstant sei, d. h. daß seine Wirkungen eine Reihe von Wochen andauern und sich auch nicht abschwächen. Die frühern Konstruktionen konnten das nicht leisten und hatten daher auch nur beschränkte Brauchbarkeit. Ein Haupthindernis war das Auftreten von Wasserstoff im Apparat. Soll Zink mit der Säure ein Salz bilden, so muß es erst zu Oxyd werden, denn nur dies kann sich mit der Säure paaren. Das Metall zersetzt also zunächst Wasser, oxydiert sich mit dessen Sauerstoff und macht den gasförmigen Wasserstoff frei, der nun Anziehung zu dem gegenüberstehenden Metall resp. der Kohle hat und dieselben mit einer dichten Schicht von Bläschen bedeckt. Die saure Flüssigkeit kommt somit außer Berührung mit dem Metall, die Erzeugung von Elektrizität nimmt ab und hört endlich auf. Soll daher die Batterie konstant sein, so muß der Wasserstoff unterdrückt werden. In der S. 144 abgebildeten Daniellschen Kupferzinkbatterie geschieht dies durch Anwendung zweier getrennter Flüssigkeiten, nämlich außer dem sauren Wasser noch durch eine Lösung von Kupfervitriol, welchem zugleich noch Kristalle dieses Salzes auf einem Siebboden beigegeben sind. Wenn die anfangs gesättigte Kupferlösung während der Arbeit des Apparats durch Ausscheidung von Kupfer dünner zu werden beginnt, löst sich ein entsprechender Teil der Kristalle und stellt die Sättigung wieder her.

Der Apparat arbeitet nun folgendermaßen. Inmitten ist ein Becher (Zelle) von unglasiertem Thon oder Porzellan, durch welchen also die Elektrizität hindurch wirken kann; er enthält die saure Flüssigkeit, in welcher

das Zink steht. Außerhalb dieser Thonzelle ist die Kupferlösung und dann kommt das Kupfer. Ist nun der Prozeß im Gange, so macht sich der elektrische Strom natürlich auch in der Kupferlösung zu schaffen: das Vitriol wird in seine Bestandteile, Schwefelsäure und Kupferoxyd, zerlegt, welches letztere aber gar nicht zur Erscheinung kommt, denn der immerfort frei werdende Wasserstoff bemächtigt sich sogleich des Sauerstoffs vom Oxyd und bildet mit ihm Wasser, und statt Oxyd scheidet sich nun metallisches Kupfer aus, das an die vorhandene Kupferplatte anwächst. Bei der Bunsenschen Zinkkohlebatterie wird der Wasserstoff in einer andern Art abgefaßt und unschädlich gemacht. Der inmitten jedes Einzelapparats (Elements) stehende und von Zink umgebene Kohlencylinder ist von obenher hohl, doch nicht ganz durchbohrt: die Höhlung ist mit Sand gefüllt und dieser mit starker Salpetersäure durchtränkt. Die Kohlenmasse ist ebenfalls ein poröser, für Gase und Flüssigkeiten durchdringlicher Stoff. Tritt nun am Zink Wasserstoff auf, so geht er durch die Kohle nach der Salpetersäure und entreißt dieser so viel Sauerstoff, als er braucht, um damit Wasser zu bilden. Durch diese fortgesetzte Einbuße wird die Salpetersäure schrittweise in salpetrige Säure umgewandelt; diese aber ist ein übelriechendes, ätzendes, bösartiges Gas, welches beständig vom Apparat ausdünstet.



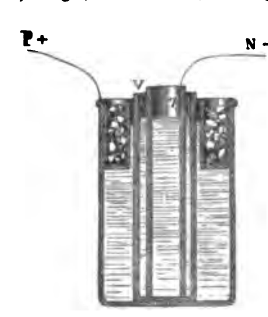
Zambonische Säule.

Die Grovesche Batterie stimmt im Prinzip mit der Bunsenschen überein, nur daß sie statt des Kohlencylinders ein Platinblech hat, das in einem mit Salpetersäure gefüllten Thoncylinder steht. Beide Apparate fallen durch ihre schädlichen Dämpfe lästig und gehören nicht in geschlossene Räume, sondern sind außerhalb zu placieren und nur die Leitungsdrähte nach innen zu führen; oder es muß in andrer Weise für Ableitung der Dämpfe gesorgt werden. Auf Telegraphenstationen sind sie außer Gebrauch gekommen, und man bedient sich entweder Daniellscher oder einer der neueren Konstruktionen, an denen, wie schon gesagt, kein Mangel ist. — Wir wollen gleich an dieser Stelle noch einiges über das elektrische Licht einschalten.

Die Lichterscheinung des galvanischen Stromes ist nicht eine einmalige Lichtexplosion, sondern charakterisiert sich durch ihre stetige Ausstrahlung, wodurch sie geeignet wird, praktische Verwendung zu finden. Man muß freilich schon eine ziemlich starke Säule anwenden, wenn man ein genügend starkes Licht hervorrufen will.

Davy hat mit seinem großen Apparate zuerst namhafte Lichteffekte erzielt. Er ließ zu dem Zwecke die Pole desselben in zwei Kohlenenden auslaufen. Näherte er dieselben einander, so berührten sich die Ströme und erzeugten ein Licht, welches die Gestalt eines nach aufwärts gekrümmten Bogens annahm, wenn man die Kohlenenden langsam voneinander entfernte, was bis zu einer Entfernung von 47 1/2 cm geschehen konnte, bevor das Licht erlosch. Letzteres war blendend weiß und zeigte einen bläulichen Saum.

Das elektrische Licht hat eine ganz ungemein starke Leuchtkraft. Man hat gefunden, daß 48 gewöhnliche Kohlenzinkelemente die Leuchtkraft von 572 Wachskerzen zu entwickeln vermögen. Wir werden erst im Folgenden die elektrische Beleuchtung ausführlicher besprechen. Hier sollen nur einige bereits ältere Verwendungsweisen derselben erwähnt werden.



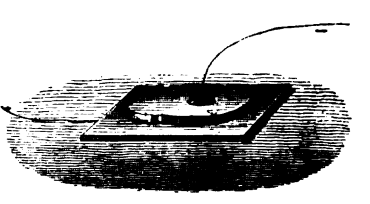
Daniells Batterie.

Wenn es gilt, Bauwerke rasch zu vollenden, so daß man also auch die Nacht als Arbeitszeit mitverwenden muß, kann sehr leicht der ganze Bauplatz durch elektrisches Licht in Tageshelle versetzt werden. Die Westminsterbrücke in London, die Rheinbrücke bei Kehl, der Industriepalast von 1862 und andre große Gebäude wurden zum Teil bei elektrischem Licht gebaut. Weiterhin findet dasselbe Anwendung auf Leuchttürmen, bei Untersuchungen des Meerbodens, bei Operationen am menschlichen Körper, z. B. in der Rachenhöhle, ferner auf der Bühne (Sonnenaufgang) 2c.

Bevor wir weiter gehen, wollen wir nunmehr einen Blick auf einige chemische Wirkungen des galvanischen Stromes werfen. Derselbe vermag eine Menge zusammengesetzter Stoffe, welche entweder selbst flüssig oder in Flüssigkeiten gelöst sind, bei seiner Durchleitung in ihre Elemente zu zerlegen, und es werden diese dann, je nach ihrer Natur, teils vom negativen, teils vom positiven Pol der Batterie angezogen. Aus diesem Verhalten hat sowohl die Wissenschaft die wichtigsten Bereicherungen, als auch die Technik ihren guten und fortdauernden Nutzen gezogen. Der erste Stoff, der durch den Strom einer Voltaschen Batterie zersetzt und in die beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wurde, war das Wasser. Man brauchte dazu zwei oben geschlossene Glascylinder, in deren jedem ein Platindraht hängt, der unten mit einer kleinen Platte von demselben Metall endet. Die Drähte gehen gasdicht durch die Cylinderhauben und sind oberhalb so geformt, daß sie an einen Ständer angehangen und mit den Leitungsdrähten

einer Batterie durch kleine Schrauben verbunden werden können. Beim Gebrauch füllt man die Cylinder mit Wasser, hält die Mündung zu, kehrt sie um und senkt sie in ein Wassergefäß ein. Durch den Luftdruck bleiben sie gefüllt; wird aber der Strom in Gang gesetzt, so beginnen alsbald an beiden Platten kleine Blasen zu entstehen, die nach oben steigen, und in demselben Maße sinken die Wasserspiegel in den Cylindern. Der Sauerstoff entwickelt sich am positiven Pol, der Wasserstoff am negativen; man erhält also beide nicht in Mischung, sondern getrennt, und zwar dem Raummaße nach vom letztern genau das Doppelte des ersteren.

Der elektrische Strom zerlegt aber noch viele andre chemische Verbindungen und dabei auch solche, die früher auf keine Weise zerlegt werden konnten und daher lange Zeit als einfache Körper galten. Dies sind Kali, Natron und gewisse Erden: Kalk, Baryt, Lithion 2c. Sie alle haben sich als Oxyde von Metallen erwiesen, allerdings von Metallen, die weder wasser- noch luftbeständig sind, indem sie durch Sauerstoffaufnahme rasch wieder zu Oxyd werden. Sie lassen sich daher auch nicht aus flüssigen Lösungen gewinnen, sondern man muß einen mehr trockenen Weg einschlagen und sie gleich an Quecksilber binden.



Darstellung des Kalium.

Im Jahre 1807 stellte der berühmte Davy zuerst das Metall der Potasche, Kalium, und das der Soda, Natrium, dar. Die übrigen kamen später an die Reihe. Man verfährt dabei so: Ein Kuchen von feuchter Potasche resp. Soda wird auf eine isolierte Platinplatte gelegt und in eine darin angebrachte Vertiefung Quecksilber geschüttet. Der positive Leitungsdraht einer sehr starken Batterie ist mit dem Platin verbunden, der andre wird in das Quecksilber getaucht. Alsbald schwillt dieses auf, wird steifer und sogar ziemlich fest. Man hat somit ein Amalgam von Quecksilber und Kalium, die sich durch Destillation leicht trennen lassen.

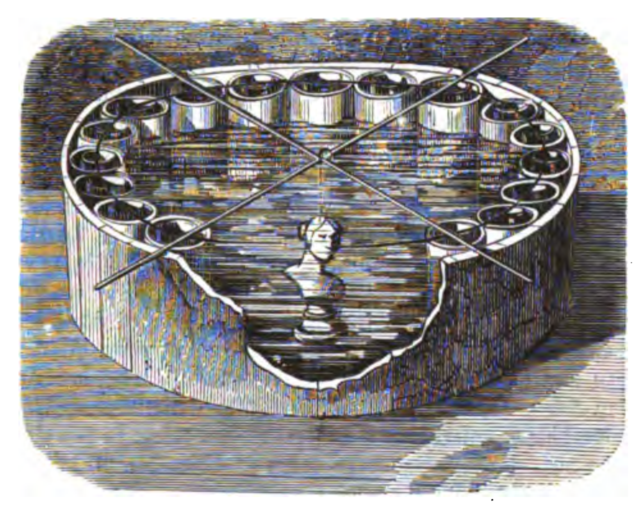
Vorhin bei Gelegenheit der Daniellschen Batterie erfuhren wir, daß der elektrische Strom aus einer Kupfersalzlösung metallisches Kupfer ausscheiden kann. Dort diente diese Metallbildung nur als eine Art Sicherheitspolizei und das Kupfer selbst hat keinen Zweck. Es lag aber nahe, diese Kupferniederschläge zum Selbstzweck zu machen, indem man das Metall über Formen zu gebrauchfähigen Stücken sich absetzen ließ. Es entstand somit die Galvanoplastik, diese so vielseitig brauchbare technische Operation, brauchbar um so mehr, da die Formen gar nicht von Metall zu sein brauchen, sondern aus Holz und überhaupt jedem Stoff bestehen können, der nur den Aufenthalt in einer sauern Kupferlösung vertragen kann. Solche nicht metallische Körper müssen aber natürlich an ihrer Oberfläche erst leitend gemacht werden, was gewöhnlich durch Anreiben mit Graphit geschieht. Bemerkt sei an dieser Stelle, daß man die Erfindung der Galvanoplastik H. Jacobi

in Petersburg und Spencer in Liverpool verdankt, welche, wie es scheint, gleichzeitig und ohne sich zu kennen und miteinander in Verbindung zu stehen, den Gedanken, die galvanische Elektrizität zur Galvanoplastik zu verwenden, faßten. Galvanoplastische Arbeiten im kleinen werden auch von Liebhabern nicht selten getrieben, und solange die Sache noch neu war, gab es noch vielmehr solcher Niederschlagskünstler. Zu kleinen Erzeugnissen, wie z. B. Kopien von Münzen, kann man den Apparat schon in einem Trinkglas herstellen. Man braucht dann noch einen engern Hohlcylinder ohne Boden, so z. B. wie man ihn von einem weiten Lampencylinder absprengen kann, gibt diesem durch Überspannen mit einem Stückchen Blase, dünnem Leder u. dgl. einen künstlichen durchlässigen Boden, und trifft dann irgend eine Einrichtung, durch welche dieses Stück in dem Glase schwebend aufgehangen wird.

In das Glas kommt konzentrierte Kupferlösung, in den Cylinder verdünnte Säure; beide Flüssigkeiten müssen die Blase berühren. An den abzuformenden Gegenstand (Münze) wird ein Draht oder Streifen von Kupfer gelötet, die Rückseite sowie auch der Draht, soweit er in die Kupferlösung tauchen soll, mit Wachs überzogen; an das andre Ende des Drahtes lötet man ein Stückchen Zink. Beim Zusammenstellen legt man die Münze auf den Boden des Glases, nachdem man den Draht so gebogen, daß er an der Seitenwand heraufgeht, gibt die Kupferlösung hinzu, hängt den Cylinder ein, füllt ihn mit der Säure und schließt dann die Kette damit, daß man das Zink in der Säure untertaucht. Es wird sich dann bald der erste Anhauch des jungen, schön fleischroten Kupfers zeigen. Für größere Sachen, die in den meisten Fällen Platten sein werden, hat man zum Einstellen Kästen mit einer durchlässigen Scheidewand aus Leder, Thonmasse, dünnem Holz u. dgl. Die eine Zelle enthält dann die Kupferlösung und die Form, die andre die Säure und das Zink, ein einfacher Metallbogen verbindet die beiden Stücke. Oder aber man hat einen geteilten Apparat, eine Bunsensche oder andre Batterie nebst einem einfachen Kasten, in welchen nur Kupferlösung kommt. Hier wird die Form, welche den Niederschlag aufnehmen soll, mit dem Leitungsdraht des Zinkpols verbunden und in die Vitriollösung eingehangen, desgleichen als Gegenstück eine leere Kupferplatte, die mit dem Kupferpol verbunden ist und sich aufopfern muß, denn in dem Maße als jenseits Kupfer anwächst, löst diesseits die frei werdende Säure solches auf, und es bleibt somit der Inhalt des Kastens immer gesättigt.

Das folgende Bild zeigt einen Apparat zum Überkupfern größerer Stücke. Es gibt aber auch einige Anstalten, welche wirkliches Statuenwerk aus dünnwandigem Kupfer galvanisch erzeugen. Es gehören dazu Hohlformen, bei denen sich das Kupfer an den Innenwänden absetzt. Das Hahnemannsdenkmal in Leipzig ist ein solches Stück und wurde in Rom gefertigt. Für gewöhnlichere Zwecke dient die Galvanoplastik hauptsächlich den druckenden Künsten. Landkartenverleger schonen ihre gestochenen Kupferplatten, indem sie auf galvanoplastischem Wege eine Gegenplatte und von

dieser wieder beliebig viel Druckplatten abnehmen, welche dem Original aufs Haar gleichen. In ausgedehntester Weise aber wird das Kopieren von Holzschnittstöcken betrieben, und die Kopien bilden eine sehr gangbare Handelswaare. Hierin liegt es auch, daß so häufig eine und dieselbe Abbildung in verschiedenen Zeitschriften und Büchern wieder anzutreffen ist. Zwar werden die Kopien zum Teil noch in Schriftmasse abgeklatscht (Klichees), aber die Kupferkopien (Galvanotypen, Galvanos) sind weit dauerhafter, geben das Original vollkommener wieder und sind nicht viel teurer. Gewöhnlich preßt man auf den Holzstock eine Platte von Guttapercha, welche die Gravierung sehr schön aufnimmt, und macht sie mit Graphit leitend.



Galvanoplastischer Apparat.

An die Galvanoplastik schließt sich die galvanische Vergoldung und Versilberung von Metallsachen, welche nur ein dünnes sitzenbleibendes Häutchen herstellt. Wie schwach dieses Häutchen ist, erhellt aus dem Umstande, daß man z. B. in Ruhla (Thüringen) mit 3 Mk. bis 600 Dtzd. Pfeifenbeschläge versilbert, so daß also auf ein Stück nicht mehr als für $^1/_{24}$ Pfennig Silber kommt. Mit 5 Gran Gold (Wert $1\,^1/_2$ Mark) kann man 12 Dtzd. ziemlich große Knöpfe vergolden; freilich beträgt dann die Dicke des Goldüberzugs manchmal nicht mehr als $^1/_{10000}$ mm. Der Industriezweig der galvanischen Vergoldung und Versilberung hat bereits eine großartige Ausdehnung erlangt, und neuerlich hat man den Prozeß auf manche andre Metalle ausgedehnt: Nickel, Platin, Zinn, Eisen, selbst Legierungen wie Messing und Bronze. Das Eisen schlägt sich spiegelblank und stahlhart aus einer Auflösung von Eisenvitriol und Salmiak nieder; man benutzt dies zur oberflächlichen Verstählung gestochener Kupferplatten.

Wir erfuhren bei der Reibungselektrizität, wie ein geladener Leiter in einem andern, wenn angenähert, gleichfalls elektrische Erregung, die sogenannte Verteilung, bewirkt, so daß also Elektrizität durch Elektrizität hervorgerufen wird, und es liegt nun die Frage nahe, ob nicht ein elektrischer Strom, an einem isolierten Leiter vorübergeführt, auch einen Einfluß äußern werde. Dies ist allerdings der Fall. Denken wir uns den die Kupfer- und Zinkpole verbindenden Draht einer Batterie etwa auf eine nicht leitende Tafel niedergelegt und daneben ein andres Stück Draht. Der Hauptdraht sei zum Öffnen und Schließen eingerichtet, z. B. so, daß er durchschnitten, die Enden umgebogen und in ein Schälchen Quecksilber eingetaucht sind. Solange der Strom hier ohne Unterbrechung durchgeht, wirkt er nicht auf den benachbarten Draht; wird aber der Strom durch Ausheben eines Drahtendes unterbrochen, so durchzuckt ein elektrischer Schlag den Draht in der einen, und im Moment des Wiederschließens ein zweiter in der andern Richtung. Ist der zweite Draht zu einem Ringe gebogen, in welchem noch eine kleine Lücke ist, so springt hier bei jedem Öffnen und Schließen ein Funke über, denn eigentümlicher Weise besitzt die solchergestalt — durch I n d u k t i o n — erzeugte Elektrizität wieder, wie der Blitz und der Funke der Elektrisiermaschine, die Eigenschaft des Überspringens, und eine Induktionsmaschine kann jene alte Maschine völlig ersetzen. Je länger der zu induzierende Draht ist, desto stärker die Wirkung. Man hat ihn daher meist auf Rollen gewickelt, wobei er aber mit Seide übersponnen oder stark gefirnißt sein muß, da die Windungen sich nicht direkt berühren dürfen. Ist nun dafür gesorgt, daß der eigentliche Strom des Apparates, der stets in sich zurückkehrt und nur den Induktionsstrom wecken soll, in rascher Folge immer unterbrochen und geschlossen wird, so kommt auch die Drahtspirale nicht zur Ruhe, sondern entsendet einen Strom, der aus lauter kurzen Stößen besteht. Die Unterbrechungen besorgt der Hauptstrom selbst. In seiner Leitung ist eine Lücke, in welcher eine bewegliche Metallzunge spielt, die ganz in derselben Art hin und her getrieben und gezogen wird, wie wir dies beim elektrischen Glockenspiel und der Zambonischen Säule sahen, nur weit schneller. Die Induktionsapparate arbeiten sonach h ö r b a r, mit einem dumpfen Schnurren. Man benutzt sie in kleinem Format gern zu Heilzwecken, da die Induktionselektrizität auf den menschlichen Körper viel eindringlicher wirkt als die andre.

Die vorerwähnte Elektrizitätserregung, welche durch Öffnen und Schließen eines galvanischen Stromes in einem Drahtringe oder einer vielfach gewundenen Drahtrolle erregt werden kann, wird als Volta-Induktion bezeichnet, weil zu ihrer Hervorbringung ein Voltaischer Apparat oder eine galvanische Batterie nöthig ist. Eine andere, durch ihre vielfache Verwendung noch wichtigere Elektrizitätserregung ist die Magnetinduktion, auf welche wir nunmehr zu sprechen kommen.



excitability

condition

temperature

systematic –

A

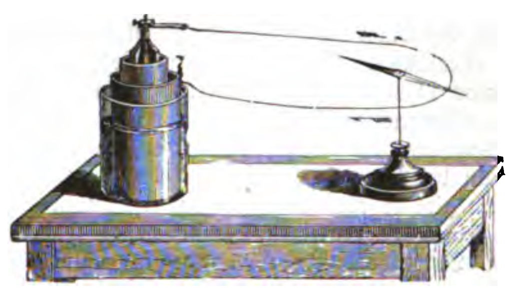
Elektromagnetismus und Magnetelektrizität.

Wir kommen jetzt zu dem merkwürdig nahen Verhältnis zwischen Elektrizität und Magnetismus. Die enge Verwandtschaft zwischen denselben ergibt sich schon daraus, daß sie beide zweipolig auftreten, dann aus der leichten Erweckbarkeit des einen durch das andre. Aber die Elektrizität kann in allen guten Leitern wohnen, der Magnetismus nur in Stahl und Eisen, einem gewissen Eisenerz und allenfalls im Nickel. Der Magneteisenstein ist von Natur magnetisch, was schon im frühen Altertum bekannt war. Er bildet das beste Erz zur Eisengewinnung; Schweden und Steiermark verdanken ihm die Güte ihres Eisens. In Deutschland kam er seltener vor; aber in neuester Zeit hat man bei Pirna in Sachsen ein ganz gewaltiges Lager gefunden. Bei alledem gibt es aber keine Magnetberge, außer in der Fabel; das Erz hat in seinem Lager keinen Magnetismus, sondern nimmt ihn erst an der Luft an. Längliche Stücke davon bilden also natürliche Magnete, die viel stärker werden, wenn man sie in Eisen faßt (armiert). Sie werden aber völlig ersetzt durch die künstlichen Stahlmagnete, und jedes Stück Stahl läßt sich durch regelrechtes Streichen mit einem natürlichen oder künstlichen Magnet in einen ebensolchen verwandeln, ohne daß jener das Geringste von seiner Kraft einbüßt. Ein Magnet also kann andre erzeugen, hunderte und tausende, wenn es verlangt wird. Ferner wissen wir auch — denn es möchte selten jemand geben, der nicht schon einen Magneten in Händen gehabt hat — daß, wenn ein Stück Eisen am Magnet hängt, es ebenfalls ein Magnet ist, daß man demselben wieder Eisen und so fortgesetzt anhängen kann, bis die Belastung zu groß wird und Abreißen erfolgt: vom Magnet getrennt, haben dieselben Eisenstücke sofort alle Zugkraft eingebüßt. Die Erfahrung lehrt also: ein Stahlmagnet verwandelt Stahl bleibend, weiches Eisen vorübergehend in Magnete. Ganz das nämliche leistet aber auch der elektrische Strom, und daß wir dies wissen, hat uns instandgesetzt, mit Hilfe der Elektrizität zu telegraphieren. Vor 1820 wußte man kaum etwas von dem Verhältnis zwischen Elektrizität und Magnetismus, obschon es bekannt sein mußte, daß ein einschlagender Blitz alle Stahlsachen, die sich in der Nähe seines Niederganges befinden, in dauernde Magnete verwandelt. Im obengenannten Jahre nun machte der berühmte dänische Physiker Oersted die Entdeckung, daß eine auf einer Spitze schwebende oder aufgehangene Magnetnadel aus ihrer gewöhnlichen Nordweisung abgelenkt wird, wenn ein elektrischer Strom in einem Drahte neben ihr vorbeigeht. Diese veränderte Stellung dauert solange als der Strom, und es kommt auf die Richtung desselben an, ob die Abweichung von Nord nach Ost oder nach West zu gehen wird. Wechselt man den Strom, d. h. kehrt man dessen Richtung um, so springt auch die Nadel in die entgegengesetzte Lage über. Durch diese Beobachtung erhielt die Magnetnadel, die bis dahin schon als Wegweiser des Schiffers zur See, des Bergmannes

unter der Erde unersetzliche Dienste geleistet, eine erhöhte Wichtigkeit. Sie dient nicht nur als Anzeiger, gleichsam als Probierstab, überall, wo es elektrische Ströme wahrzunehmen und zu messen gibt, sondern bildet selbst das Hauptstück einer Klasse von Telegraphen (s. u. Nadeltelegraph).

A – D

An die Oerstedsche Beobachtung schloß sich bald eine zweite, die nur die Folgerung aus der ersten ist. Wie ein Magnet ein Stück weiches Eisen zum Magnet macht, solange beide in Berührung sind, so wird ein solches Stück auch ein Magnet, solange es unter dem Einfluß eines elektrischen Stromes steht. Ein solches Stück heißt ein Elektromagnet, und in den meisten Fällen gibt man ihm auch die gewöhnliche Hufeisenform. Der Leitungsdraht, der dem an sich toten Stücke erst die Seele leiht, ist dann so um ihn geschlungen, wie es die nachstehende Zeichnung ergibt; von einer Seite kommend, geht er um den nächsten Schenkel mehrmals herum, dann zum andern über, um dort ebensoviel Windungen zu hinterlassen, und dann weiter. Auch hier müssen Draht und Eisen von einander isoliert sein, entweder durch Überspinnen des einen oder Einwickeln des andern in eine seidene Umhüllung. Geht nun hier ein elektrischer Strom durch, und dauert er auch nur einen Augenblick, so wird für diesen Augenblick das Eisen ein Magnet, und zwar ein viel stärkerer, als er aus Stahl durch Bestreichen herzustellen ist. Er zieht ein nahe liegendes Stück Eisen an und läßt es, wenn seine Kraft durch Unterbrechung des Stromes verschwunden, wieder von sich. Der Dienst, den uns die Elektrizität beim Telegraphieren leistet, besteht also darin, daß sie in weiter Ferne für uns eine Bewegung ausrichtet: die telegraphische Nadel bewegt sich selbst, der Elektromagnet bewegt einen andern. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß, wollten wir statt des Körpers von weichem Eisen einen stählernen in derselben Weise mit dem Strome in Verbindung bringen, derselbe sofort magnetisiert werden würde; aber er wäre nun ein dauernder Magnet, also für telegraphische Zwecke untauglich.



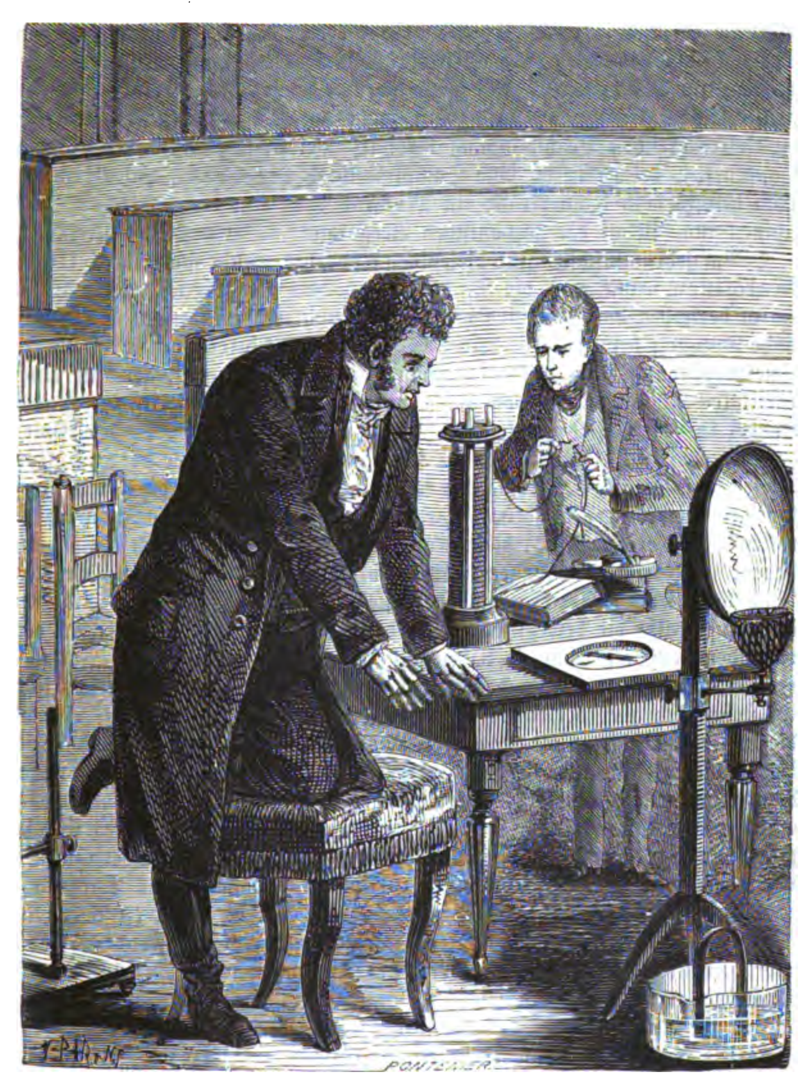
Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom.



Elektromagnet.

Je öfter ein stromleitender Draht um eine Hufeisenform oder eine schwebende Magnetnadel herumgeführt ist, desto stärker wird die Erregung darin, desto stärker wird der Magnet und desto weiter schlägt die Nadel aus ihrer Ruhelage. Letztere ist also das bequemste Mittel, die Anwesenheit

von Strömen zu erkennen und auch ihre Stärke zu bemessen. Die hierzu dienlichen Instrumente nennt man Galvanometer oder Multiplikatoren.



Oersted entdeckt die Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom.

Wir kommen nun zu dem letzten wichtigen Punkte auf diesem Felde, zur Magnetelektrizität, nachdem wir bisher den Elektromagnetismus

behandelt hatten. Der Engländer Faraday hat es 1832 herausgefunden, daß in einem Leiter, welchem ein Magnet genähert wird, ein elektrischer Strom ebenso gut geweckt wird als stände der Leiter mit einer elektrischen Batterie in Verbindung. Es ist also hiermit die Möglichkeit gegeben, Ströme ohne Batterie, ohne allen Aufwand von Zink und Säuren zu erzeugen, nur bedarf man statt dessen einer mechanischen Kraft, welche die abwechselnde Annäherung und Entfernung des Magnets an und von der zu elektrisierenden Drahtwindung bewirkt. Bei kleinen Maschinen ist eine Handkurbel, bei größeren eine Dampfmaschine anwendbar. In Birmingham benutzt man Wasserkraft; ein Mühlrad kann eine Unzahl kleiner Maschinen zum Behuf der galvanischen Vergoldung in Bewegung halten.

Am gebräuchlichsten sind diejenigen Apparate, welche man Rotations-Maschinen nennt, und die S. 153 abgebildete von Pixii stellt die älteste Form derselben dar. Es wird hier Annäherung und Entfernung durch einfache Drehung bewirkt. Die beiden Stücke A und B bilden mit ihrer untern Querverbindung einen starken permanenten Hufeisenmagnet, der auf einer vertikalen Achse sitzt und von unten mittels eines Räderwerkes durch eine Kurbel in rasche Umdrehung versetzt werden kann. Dicht über den Polen des Magnets A B befindet sich die sogenannte Armatur oder der Induktor. Dieser Teil ist als Elektromagnet konstruiert, indem zwei durch ein vierkantiges Eisenstück verbundene Kerne aus weichem Eisen mit den Induktionsrollen E E' versehen sind; diese Rollen sind aus einem vielfach aufgewundenen, mit Seide übersponenen Kupferdrahte in ähnlicher Weise, wie der schon beschriebene Elektromagnet hergestellt. Denken wir uns die Maschine im Gange, also die beweglichen Pole beständig in rascher Rotation an den ruhenden vorübergehend, so haben wir bei jedem Umgange zwei Annäherungen und zwei Entfernungen, also viermalige Erregung von Elektrizität. Es stehen sich aber bei einem Umgange einmal die gleichnamigen, einmal die ungleichnamigen Pole gegenüber, und daraus folgt, daß die Ströme in jedem solchen Falle ihre Richtung wechseln. Wo dies nicht verlangt wird, dient eine an der Drehungsachse angebrachte kleine Vorrichtung, der Kommutator oder Stromwender, dazu, jeden zweiten Strom umzukehren und in die Richtung des ersten zu weisen. Diese Maschinen haben später verschiedene Umänderungen in ihrer Konstruktion erfahren, jedoch ist das Wirkungsprinzip derselben das gleiche geblieben. Man hat die Magnete verstärkt, indem man viele dünne Stahlplatten (Lamellen) aufeinander schichtete; weil aber hierdurch dieser Teil zu schwer wurde, so hat man ihn an den neueren Maschinen in Ruhestand versetzt und läßt das Stück mit den Drahtspiralen, das ist die Armatur oder den Induktor, sich drehen.

Die stärksten derartigen Maschinen wurden zur Erzeugung von elektrischem Licht für Leuchttürme konstruiert, wo dann für alle Fälle die bewegende Kraft einer Dampfmaschine benutzt wird.

Wollte man für diesen Zweck eine galvanische Batterie benutzen, so müßte sie erstlich ungewöhnlich groß und zweitens doppelt vorhanden sein,

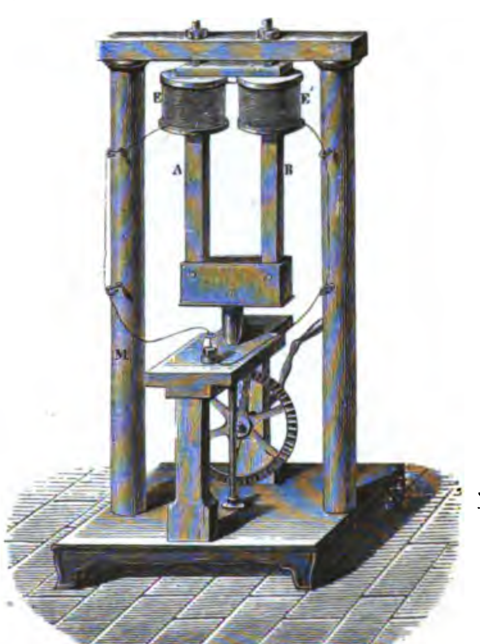
[illegible]

for the purpose & behoof – behoof)

[illegible] General [illegible] in Cayenne

damit immer eine gereinigt und frisch beschickt werden könnte. Über die Erzeugung des elektrischen Lichtes werden wir später ausführlicher berichten; vorläufig haben wir noch die Verbesserungen zu besprechen, welche im Laufe der Zeit an den auf der Magnetinduktion beruhenden Elektromotoren ausgeführt worden sind.

Was die als magnetelektrische Maschinen bezeichneten Elektromotoren anbelangt, so bezog sich deren Verbesserung besonders darauf, daß man eine größere Anzahl in einem Gestell vereinigter Magnete und eine verstärkte Armatur deren induzierender Wirkung aussetzte. In dieser Beziehung sind die elektromagnetischen Maschinen des Mechanikers Stöhrer in Leipzig mit drei vertikal gestellten starken Stahlmagneten und darüber rotierenden zwölf Induktionsrollen, oder mit sechs, zu drei einander gegenüber liegenden Magneten und dazwischen rotierender Armatur zu nennen; ferner die überaus kräftigen Maschinen der belgischen Gesellschaft l'Alliance mit sternförmig um die auf horizontaler Welle sitzende Armatur herum angeordneten Magneten, deren Anzahl 24 beträgt.



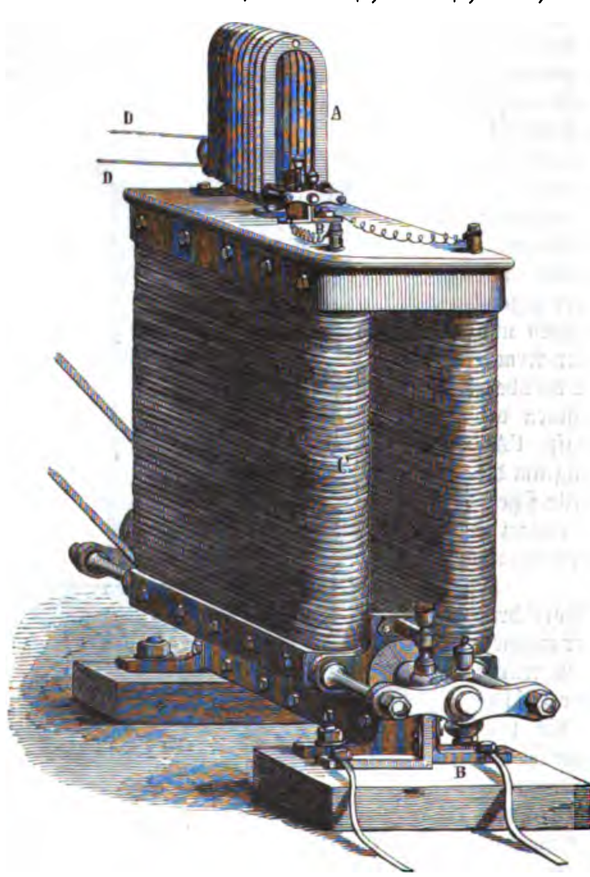
Rotationsapparat von Pixii.

Ein weiterer Fortschritt in der Ausbildung der magnetelektrischen Maschinen wurde 1866 vom Engländer Wilde angebahnt, welcher die permanenten Stahlmagnete der Maschine durch Elektromagnete ersetzte und dieselben durch eine besondere kleine magnetelektrische Maschine, die wie die älteren Konstruktionen mit permanenten Stahlmagneten versehen ist, erregen ließ. Die bezügliche Abbildung stellt diese merkwürdige Kombination dar. Die obere kleinere Maschine hat 16 vertikale Stahlmagnete, zwischen deren Polen der horizontale Induktor sich befindet. Die untere Hauptmaschine besteht aus einem einzigen, aber sehr großen Magneten, zwischen dessen Polen ein ebenfalls horizontaler cylindrischer Induktor eingelagert ist, dessen Konstruktion wir im folgenden näher beschreiben werden.

Die Schenkel des Elektromagnets bestehen aus zwei parallelen 18 cm hohen Platten CC aus gewalztem Eisen; sie sind oben mit einer starken

eisernen Platte überdeckt und mit 1000 m langen und ziemlich dicken Kupferdrahtes umwunden. Die beiden Cylinderinduktoren werden von einer dreipferdigen Dampfmaschine in Umdrehung versetzt, wobei der untere größere 1700—1800 Touren in der Minute macht.

Bei einer der ersten Wildeschen Maschinen hatte jeder der sechzehn Stahlmagnete der kleinen Hilfsmaschine 10 kg, das ganze magnetische Magazin also 160 kg Tragkraft, wogegen der aus dem obern Induktor gewonnene magnetelektrische Strom die enorme Tragkraft von nahezu 5000 kg ergab. Daß mit einer solchen starken magnetischen Kraft und einer so hohen Umdrehungsgeschwindigkeit des Induktors elektrische Wirkungen von außerordentlicher Stärke gewonnen werden konnten, ist wohl erklärlich.



Wildes elektromagnetische Maschine.

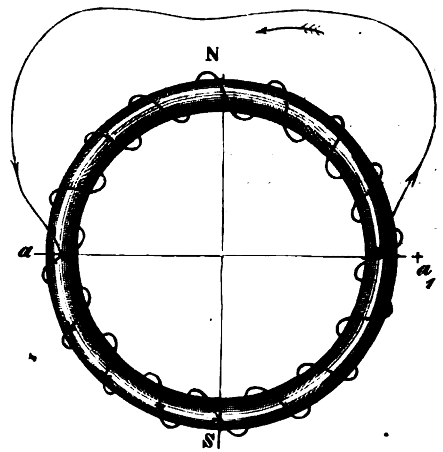
Wilde ging aber noch weiter, indem er den starken Strom der zweiten Maschine wiederum zur Erregung einer dritten noch stärkeren Maschine verwendete, wobei eine Betriebskraft von 15 Pferdestärken nötig wurde. Es ist überhaupt bei derartigen Elektromotoren nie zu vergessen, daß deren verstärkte elektrische Wirkung auch eine verhältnismäßig stärkere Betriebskraft erheischt.

Wir haben gesehen, daß die zur Umwandlung mechanischer Arbeit (Drehkraft) in elektrische Ströme benutzten Elektromotoren eines magnetischen Magazins von entsprechender Stärke bedurften, und demzufolge

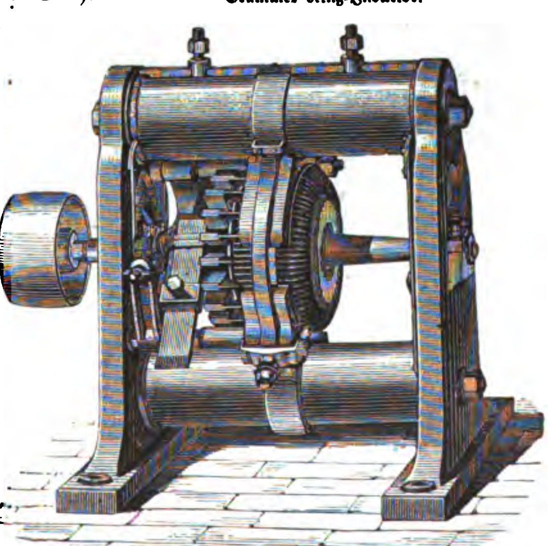
traction force [illegible] force

motive [illegible]

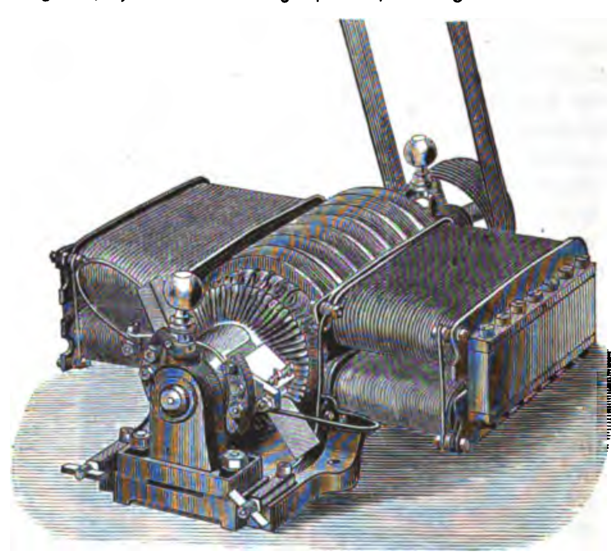
erforderten starke Maschinen dieser Art eine umfängliche, kostspielige Konstruktion, wie dies aus der Beschreibung der Wildeschen Maschine hervorgeht. Eine totale Umwälzung wurde jedoch in dieser Hinsicht durch die im Jahre 1867 von Dr. W. Siemens in Berlin erfundene dynamoelektrische Maschine herbeigeführt, wobei der geringe Grad von Magnetismus, der im einmal magnetisierten weichen Eisen zurückbleibt, genügend ist, um bei wieder eintretender Umdrehung des Induktors das allmähliche, aber ziemlich rasch vor sich gehende Anwachsen des Stromes im Schließungskreise der Maschine einzuleiten. Die dynamoelektrischen Maschinen bedürfen also gar keiner Stahlmagnete, sondern bestehen nur aus Elektromagneten, wobei die Einrichtung so getroffen ist, daß der unter dem Einflusse des im einmal magnetisierten Eisenkern des Elektromagneten zurückgebliebenen geringen Restes magnetischer Kraft entstehende, sehr schwache elektrische Strom durch den Draht des Magnetes hindurchgehen muß, bevor er in die Stromleitung, d. i. in den äußern Umkreis der Maschine gelangt. Hierdurch wird die magnetische Kraft des Elektromagneten allmählich verstärkt, und diese verstärkte magnetische Kraft ruft wiederum stärkere Induktionsströme hervor, die abermals zur Verstärkung des Magnets und also indirekt zu ihrer eigenen Verstärkung beitragen. So wird also eine Verstärkung des Stromes erreicht.



Grammes Ring-Induktor.


Dynamoelektrische Maschine von Grammes.

Es ist möglich, die von einer dynamoelektrischen Maschine erzeugten Wechselströme mittels eines sogenannten Kommutators als gleichgerichteten Strom in die Leitung zu senden, doch wird durch die Anwendung des Kommutators die Maschine kompliziert und die auf dem Kommutator aufschleifenden Federn oder sogenannten Kollektorbürsten, welche aus feinen Metallamellen hergestellt werden, nutzen sich leicht ab. Es war daher erwünscht, Maschinen zu besitzen, welche direkt gleichgerichtete Ströme erzeugen. Eine derartige Maschine wurde zuerst vom Elektriker Gramme in Paris konstruiert. Die Wirkungsweise der Grammeschen Maschine beruht auf einem ringförmigen Induktor, der aus einem mit isoliertem Kupferdrahte umwundenen Eisenringe besteht. Da die eine Hälfte dieses Ringes unter dem induzierenden Einflusse des magnetischen Nordpols N, die andre unter dem induzierenden Einflusse des magnetischen Südpoles S steht, so ist die eine Ringhälfte stets negativ, die andre aber positiv elektrisch, und vom Punkte a_1 geht daher der positive Strom in die Leitung über, während in a der negative Strom austritt. Auf Seite 155 geben wir die Abbildung einer mit einem Ringinduktor versehenen Grammeschen dynamoelektrischen Maschine, wie solche besonders für elektrische Beleuchtung in Frankreich vielfache Anwendung findet.



Dynamoelektrische Maschine von v. Hefner-Alteneck.

In der bezüglichen Abbildung sieht man die zwischen zwei gußeisernen Ständern angebrachten cylindrischen Elektromagnete, welche mit halbkreisförmigen Polstücken versehen sind, die den Ringinduktor beiderseits fast bis zur Hälfte umfassen. An der linken Seite befinden sich die Drahtenden der Ringspirale im sogenannten Kollektor um die Welle vereinigt, und auf denselben schleifen die beiden sogenannnten Kollektorbürsten, von denen die eine den positiven, die andre den negativen Strom aufnimmt.

Hefner-Alteneck, der Ingenieur der Firma Siemens und Halske in Berlin, konstruierte eine dynamoelektrische Maschine andrer Art, indem

(continuous
(similarly direct-
playing on (dragging or grinding on ;
rolling lighter

appears

in question referred to

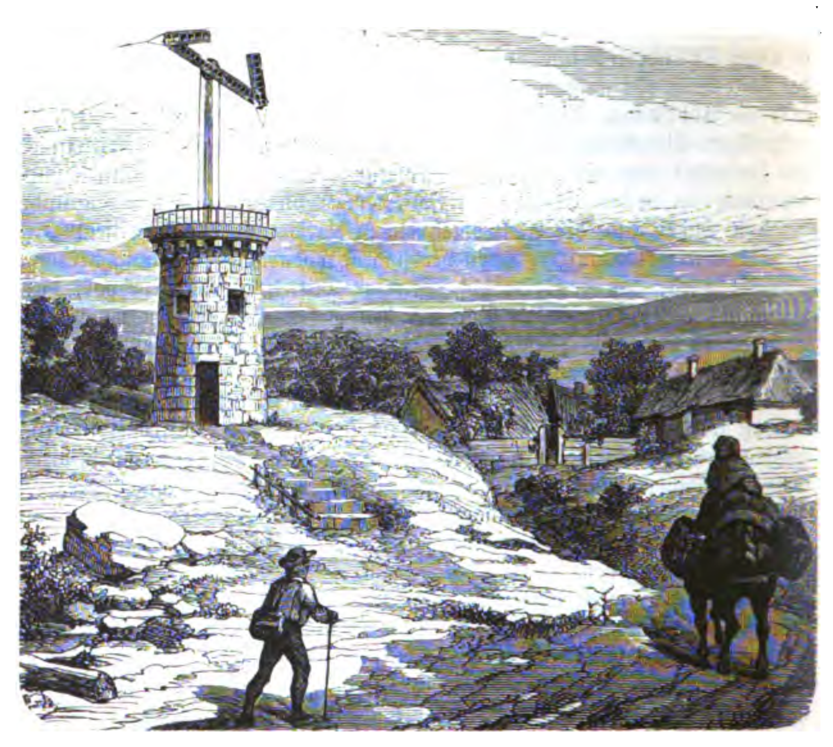
[illegible]

er einen Cylinderinduktor anwendete, bei welchem der Draht parallel zu der Induktorwelle aufgewunden ist. Von dieser Maschine geben wir ebenfalls die Abbildung. Dieselbe hat vier Elektromagnete, welche aus einzelnen rechteckigen Eisenstäben bestehen, die mit ihrem bogenförmigen Mittelstück den Induktor oder die sogenannte Armatur oben und unten umfassen und außerdem an beiden Seiten mit isoliertem Kupferdraht umwunden sind. An den Enden sind die Elektromagnete beiderseits durch eine Eisenplatte mit ihren ungleichnamigen Polen verbunden, wodurch die Wirkung hervorgebracht wird, daß das eine bogenförmige Mittelstück als Nordpol, das andre als Südpol auftritt. Der zwischen diesen Bogenstücken rotierende Cylinderinduktor gibt ebenso wie der Grammesche Ring gleichgerichtete Ströme an die Kollektorbürsten ab.

Wenn diese Maschinen zur Erzeugung von elektrischem Licht verwendet werden sollen, so müssen sie in der Regel stark gespannte Ströme liefern, weshalb alsdann die Induktoren oder Armaturen mit feinem Draht in vielfachen Windungen umwunden sind; sollen dagegen diese Maschinen zur Erzeugung von Metallniederschlägen oder zur elektrischen Krafttransmission benutzt werden, so sind die Induktoren mit kurzen dicken Drähten oder Kupferstäben umgeben.

Außer für galvanoplastische Arbeiten dienen solche Maschinen auch zur Metallgewinnung, und zu dem Zwecke sind z. B. auf dem königlich preußischen Hüttenwerke zu Oker im Harz gegenwärtig drei solcher Maschinen im unausgesetzten Betriebe, von denen jede mit einer 8—10 pferdigen Dampfmaschine 5—6 Zentner Kupfer täglich liefert.

Was die elektrische Kraftübertragung anbelangt, wozu ja auch die früher schon beschriebene elektrische Eisenbahn gehört, so versteht man darunter die Verbindung zweier dynamoelektrischer Maschinen durch eine längere, vielleicht selbst meilenlange Drahtleitung. Die eine dieser Maschinen wird dann an der Kraftquelle mittels eines Motors, der aus einem Wasserrade, einer Dampfmaschine u. s. w. bestehen kann, in Umdrehung versetzt und dadurch die Drehkraft in elektrischen Strom verwandelt; dieser Strom geht durch die Leitung, magnetisiert die Elektromagnete der zweiten Maschine und versetzt dadurch deren Induktor in Umdrehung, so daß von der Welle dieses Induktors die aus der elektrischen Wirkung resultierende Drehkraft mittels Riemens abgenommen werden kann. Man kann auf diese Weise 30, 40 bis 70 Prozent der ursprünglichen Drehkraft wieder gewinnen. Durch Anwendung der elektrischen Kraftübertragung ist es möglich, die Arbeit der stärksten Wasserkraft oder einer großen Dampfmaschine bis auf weite Entfernungen fortzuleiten und dann vielfach verzweigt für industrielle Zwecke nutzbar zu machen. So hat man berechnet, daß die gesamte Kraft der Niagarafälle (mindestens etwa hunderttausend Pferdestärken) bis auf 800 km Entfernung durch ein 15 mm dickes Kupferseil elektrisch übertragen werden kann.



Der alte Lufttelegraph.

Der Telegraph.

Das Bedürfnis, wichtige Nachrichten rascher in die Ferne zu senden, als dies durch laufende oder reitende Boten möglich ist, wurde schon im Altertum empfunden; man telegraphierte z. B. den glücklichen Ausgang einer Schlacht, Rufe um Hilfe u. s. w. durch Feuersignale, Postenketten, Flaggen, Rauchsäulen u. dgl. Dareios Hystaspes, König der Perser, soll in gewissen Entfernungen auf Anhöhen Männer aufgestellt haben, welche durch Zurufen („Ohren des Königs") wichtige Nachrichten mit einer Schnelligkeit weiter beförderten, daß eine solche in einem Tage über eine Strecke verpflanzt werden konnte, zu deren Zurücklegung man 30 Tagereisen gebraucht haben würde. König Perseus hatte förmliche Telegraphenlinien, auf denen Nachrichten mittels Fackelsignalen befördert wurden.

Erst im vorigen Jahrhundert gab man sich mit Auffindung besserer Mittel viel Mühe, zunächst in Deutschland Bergsträßer und Baron Buchröder. Zur wirklichen Einführung eines Systems der optischen oder Lufttelegraphen kam es indes zuerst in Frankreich durch Chappe. Dieselben sind aber

especially

[illegible], [illegible], instrument, equipment

by Gauss & Weber.

[illegible] acted on a magnetized bar; [illegible] under its influence were observed by a [illegible]

ebenfalls außer Dienst gekommen. Nur auf den Eisenbahnen und an den Küsten entlang sind ähnliche Zeichengeber noch im Gebrauch.

Wie sehr treten aber alle solche Vorrichtungen in den Hintergrund gegen das auserwählte Rüstzeug unsres Jahrhunderts, die elektrische Telegraphie, das Vollkommenste, was überhaupt gedacht werden kann, den flinksten Ausrichter unserer Botschaften; denn es ist ja der Blitz selbst, der von uns vermittels der Elektrizität hervorgerufen, gezähmt und auf dem ihm bereiteten Wege entlang gesendet wird. Und nicht mehr bloß ein Bote für innere Angelegenheiten ist der elektrische Funke; er schießt im Nu von Land zu Land, von Weltteil zu Weltteil, weder Ozeane noch Wüsten halten ihn mehr auf; ja der Telegraph zieht mit in den Krieg als unschätzbar nützlicher Alliierter. Kein Feldzug wird ferner geführt werden, bei dem nicht mobile Telegraphen zum größten Nutzen für die Operationen mitwirkten.

Es wurde schon früher erwähnt, daß die Versuche, mit Hilfe der Reibungselektrizität zu telegraphieren, ohne Erfolg blieben. Die galvanische Elektrizität versprach besseres. Im Jahre 1807 konstruierte Sömmering in München einen mit einer starken Voltaschen Säule arbeitenden Apparat, bei welchem 35 Stück 1000, 4000, zuletzt 10 000 Fuß langer Drähte zu ebenso viel Wasserfläschchen gingen, deren jedes einen Buchstaben oder eine Zahl anzugeben hatte. Die Angabe bestand darin, daß in dem betreffenden Fläschchen Wasser zersetzt, also Bläschen entwickelt wurden. Dies war noch nicht das Rechte; es mußte erst der Elektromagnetismus entdeckt werden, welcher gestattete, auf weite Entfernungen hin eine mechanische Bewegung zu erzeugen. Bis zum Jahre 1820 galten Elektrizität und Magnetismus für zwei ganz getrennte Kräfte; dann aber entdeckte Oersted die nahe Verwandtschaft beider — eine der folgenreichsten Entdeckungen, die je gemacht wurden. Jetzt wurden die Pläne zu den Telegraphen praktischer; Schweigger zeigte, daß die Menge Drähte entbehrlich sei und man mit zweien auskommen könne. Der erste wirklich ausgeführte Telegraph in größerem Maßstabe wurde 1833 zu Göttingen zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Kabinet in einer Länge von etwa 2000 m angelegt. Man konnte 8—20 Buchstaben in der Minute mit voller Sicherheit hin- und hertelegraphieren. 1835 wurde der Leipzig-Dresdener Eisenbahngesellschaft der Antrag gemacht, diesen Telegraphen auf ihrer Linie einzuführen. Es kam aber damals noch nicht dazu. Der desfallsige Bericht des Leipziger Professors Weber, Bruders des Göttinger, schließt mit den merkwürdigen prophetischen Worten: „Wenn einst die Erde mit einem Netz von Eisenbahnen, mit Telegraphenlinien überzogen sein wird, so wird dies Netz ähnliche Dienste leisten, wie das Nervensystem im menschlichen Körper, teils die Bewegung, teils die Fortpflanzung der Empfindungen und Ideen blitzschnell vermittelnd.“ Und wie außerordentlich schnell ist das in Erfüllung gegangen!

Auf dem nämlichen Wege wie die Göttinger war auch der russische Staatsrath Schilling von Canstatt vorgegangen und bemühte sich viel um die Einführung seines Apparates, ohne einen Erfolg zu erzielen. Doch

wurde er die Veranlassung, daß ein Apparat nach England gelangte. Hier wurde die Sache von Wheatstone in die Hand genommen, der Apparat verbessert und in die Praxis eingeführt.

Im Jahre 1837 trat ein bedeutender Förderer in das Telegraphenwesen ein, der Münchener Professor Steinheil. Der Göttinger Apparat war ein Nadeltelegraph, wie auch andere damalige Pläne nur darauf hinausliefen. Die Zuckungen einer, zweier oder mehrerer Magnetnadeln waren die die Buchstaben andeutenden Zeichen. Solche Telegraphen hinterlassen also nichts Dauerndes, und es kommt alles darauf an, daß der Telegraphist die Zeichen richtig erfaßt und niederschreibt. Diesen Mangel fühlend, hatten die Göttinger an Steinheil das Ansuchen gestellt, er möge den Apparat praktischer zu gestalten suchen. Letzterer traf nun die Einrichtung, daß die Nadeln mit kleinen Farbapparaten versehen wurden, mit denen sie beim Aufschlagen Punkte auf einen Papierstreifen absetzten, der durch ein Uhrwerk vorbeigezogen wurde. Außerdem wandte er auch noch hörbare Signale durch Glöckchen an. Die Ströme wurden durch eine Rotationsmaschine erzeugt.

Steinheil hatte namentlich in der Schweiz Gelegenheit, seine Telegraphen auszuführen; er versah dies ganze Land mit einem Telegraphennetz. Eine große Förderung der Telegraphenanlagen leistete er der Welt durch die Entdeckung, daß man nur einen Draht aufzuwenden nötig habe und die Rückleitung dem Erdboden überlassen könne. Außerdem erfand er den Blitzableiter für Telegraphenstationen und den auf weiten Linien notwendigen Translator, die Vorrichtung, welche eine Depesche selbstthätig auf eine neue Linie überträgt.

Was die Leitungsfähigkeit der Erde für elektrische Ströme anbelangt, so wird dieselbe schon durch die im Erdboden enthaltene Feuchtigeit bedingt, aber auch schon im allgemeinen ist die Erde infolge der überall vorhandenen metallischen Bestandteile als ein großer Elektrizitätsleiter zu betrachten, nur muß der in die Erde geführte Leitungdraht mit einer eingegrabenen Metallplatte von großer Oberfläche versehen sein, damit die Ableitung mit der nötigen Geschwindigkeit erfolgen kann. Die elektrische Leitungsfähigkeit des Wassers war viel früher bekannt; bereits 1746 wurde von Winkler in Leipzig der Pleißenfluß mit in eine elektrische Leitung eingeschaltet, um so den Draht zur Rückleitung zu ersparen; ebenso überzeugte sich der Engländer Watson 1746—1748, daß sowohl das Wasser als auch der Erdboden die Elektrizität zu leiten vermöge. Steinheil kam darauf, die Erde als Rückleiter zu benutzen, indem er zuerst zu dem Zwecke die Schienen der Nürnberg-Fürther Eisenbahn benutzen wollte und dabei entdeckte, daß der Strom sehr leicht in die Erde überging. Die Elektrizität geht hierbei nicht etwa von der einen Station zur andern als Strom durch den Erdboden hindurch, sondern die Erde dient nur als ein großer Elektrizitätsbehälter, in welchen die Elektrizität der beiden Batteriepole einerseits durch den kurzen Draht nach der Erdplatte und anderseits durch den langen Leitungsdraht hindurch ebenfalls nach einer Erdplatte abfließt. Infolge der ungeheuern Größe des Erdballs im Vergleich zu den erzeugten elektrischen Strömen

furtherer, advance promotion

system — telegraphing

catching —
striking — turning request — springing up — drill

advancing it system

buried (in the record) sunk in

Dr Watson — (cf Tissandier — p. 232.) Franklin's elec
on the Schuylkill

plate in the water

reaction

turning

repeating

[illegible] deflections

[illegible]

[illegible] turn around

[illegible] axis)

verschwinden diese ohne alle Rückwirkung in der Erde, und diese ist also stets bereit, mit voller Kraft elektrische Ströme in sich aufzunehmen oder gewissermaßen anzusaugen.

Nadeltelegraphen verschiedener Einrichtung von Steinheil, Wheatstone, Bain, Elking waren also die ersten und für eine Zeitlang die alleinigen. Sie sind im allgemeinen jetzt durch andre ersetzt und wurden namentlich durch den Morseschen Apparat verdrängt. Der Apparat des Nadeltelegraphen hat die Form eines Schrankes; an der untern Hälfte arbeitet der Beamte an den zwei senkrecht herabgehenden Schlüsseln, indem er sie fleißig nach links oder rechts verschiebt, wohlverstanden nicht immer miteinander, sondern auch häufig gegeneinander. An der obern Partie des Apparats, die umstehend noch einmal größer und deutlicher dargestellt ist, sind die senkrecht hangenden, um ihre Mitte drehbaren Nadeln angebracht, deren Bewegungen der Telegraphist stets genau zu verfolgen hat, wenn er Depeschen empfängt. So lange er selbst arbeitet, kann dies nicht stattfinden, und das Aufpassen ist jetzt an seinem Kollegen an der entfernten Station; dieser sieht seine Nadeln alle die Stellungen nachmachen, welche diesseits den Schlüsseln gegeben werden, und zwar geschieht dies infolge der uns bekannten Geschwindigkeit der Elektrizität im gleichen Augenblick. Sieht man die zwei Nadeln in rascher Folge ihre Bewegungen machen, so wird man dabei sogleich an ein paar zappelnde Fische erinnert. Jeder einzelne Buchstabe und jedes andre Zeichen kann nun durch einen oder mehrere schräg gerichtete Striche (Nadelstellungen) ausgedrückt werden, was ja mit zwei Nadeln rascher geht als mit einer. Zu den Zeichen \, / z. B. braucht man nur den einen Schlüssel; um aber herzustellen /\, \ \, müßte der eine Schlüssel schon zweimal gedreht werden, indes es mit zweien auf einmal geht.

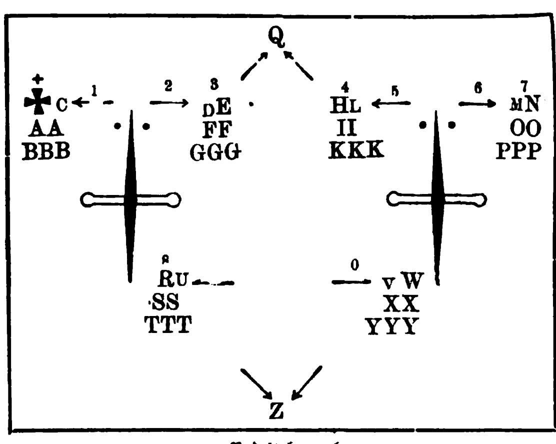


Nadeltelegraph.

Der Doppelnadel-Telegraph ist eine Verbindung von zwei einfachen; zur Erklärung seiner Einrichtung reicht also einer der letztern hin. Von der Batterie jeder Station gehen wie gewöhnlich zwei Drähte aus, der eine in die Erde, der andre durch die Luft nach der entfernten Station. Hier bildet der Draht in dem Schranke einen Multiplikator, d. h, er ist — übersponnen — in einer Menge von Windungen zu einem ovalen Kranz aufgewickelt und geht von da ebenfalls in die Erde. Innerhalb des Multiplikators steht senkrecht, wie die äußere, eine Magnetnadel; alle beide sitzen auf einem und demselben liegenden drehbaren Stäbchen fest und machen demnach einerlei Bewegungen. So oft also ein Strom durch die Windungen geht, werden beide Nadeln, oder nach Bedarf nur eine, aus der senkrechten Stellnng in eine schräge versetzt. Die äußere Nadel erscheint hiernach zunächst

nur als das Schaustück, ist aber doch etwas mehr. Sie ist ebenfalls ein Magnet, richtet aber nicht denselben Pol wie die innere gegen die Erde, sondern den gegenteiligen. Hierdurch wird der Einfluß des Erdmagnetismus auf die Nadeln beseitigt, so daß sie ungehindert ihre Schwingungen machen können.

Das Eigentümliche am Nadeltelegraphen ist, daß mit *beiden* Strömen abwechselnd telegraphiert wird. Sie haben also neben der Batterie einen in die Leitung eingeschalteten Kommutator oder Stromwender, eine Zusammensetzung aus Holz und Metall, welcher, je nach der Drehung des Schlüssels, einmal die Stromleitung ganz unterbricht, ein andermal bewirkt, daß der negative Strom in die Erde, der positive in die Leitung geht, und in dritter Stellung den Strömen die entgegengesetzten Wege eröffnet. Hängt der Schlüssel gerade senkrecht herunter, so ist der Apparat in Ruhe. Würde man von der Mitte weg immer nach einer und derselben Seite Ausschläge geben, so bliebe auch derselbe Strom in Thätigkeit; sowie aber der Schlüssel über die Mitte weg nach der andern Seite geführt wird, tritt allemal der Stromwechsel ein; der entgegengesetzte Strom aber bewirkt auch eine entgegengesetzte Nadelstellung, so daß die erste und die zweite Stellung sich



Nadeltelegraph.

kreuzen ╳. Wie man sieht, werden also beim Nadeltelegraphen die Depeschen *zugewinkt*; da aber Winke nicht hörbar sind, so verlangt der Dienst noch einen Signalapparat mit Glocke zur gegenseitigen Aufmerksammachung.

Die praktische elektromagnetische Telegraphie, welche sonach unbestreitbar eine *deutsche* Erfindung ist, ist erst vom Auslande in vervollkommneter Gestalt hier wieder eingewandert. Der Engländer *William Fothergill Cooke* hatte bei einem Aufenthalte in Heidelberg von dem Steinheilschen Telegraphen Kenntnis erlangt und nahm hierauf im Jahre 1837 gemeinschaftlich mit dem Londoner Professor *Charles Wheatstone* ein englisches Erfindungspatent für eine sehr verwandte Konstruktion, welche aber minder einfach war; vorher schon hatte er es mit einem *Zeigertelegraphen* versucht. Dieser Zeigertelegraph wurde aber erst später (1839) von dem genannten Wheatstone, ferner von Stöhrer in Leipzig und andern vervollkommnet und an Stelle des Nadeltelegraphen besonders für den Eisenbahndienst eingeführt.

cf. Tis, p. 236 n

stroke-dashes) Jarring-dashes — dollar-signs —

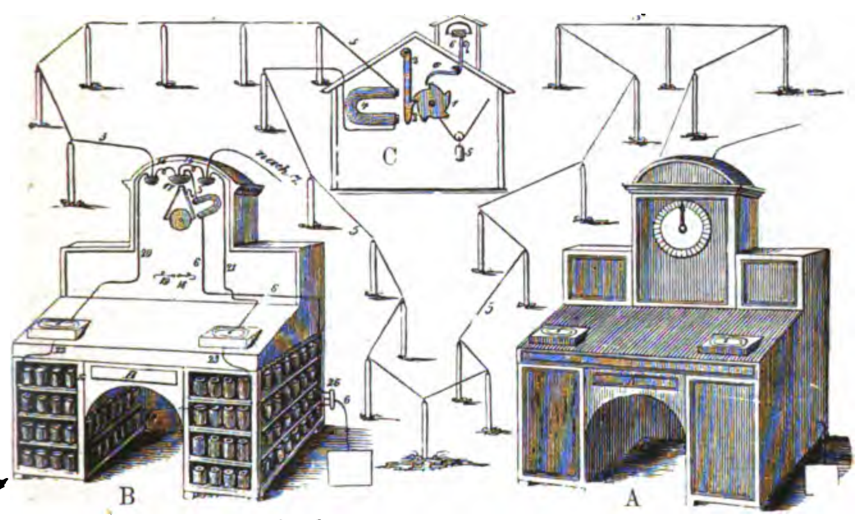
Forcut v. Tis, p. 241

given by signs

"dialfekonok"

Bei dem Zeigertelegraphen wird anstatt der Magnetnadel ein kleiner Elektromagnet angewendet, welcher vom elektrischen Strome vorübergehend magnetisiert und durch Unterbrechung des Stromes wieder entmagnetisiert wird und dadurch einen eisernen federnden Anker in schwingende Bewegung versetzt, der, ähnlich wie die Hemmung in einer Uhr, auf ein Treibrad wirkt, mit welchem der Zeiger verbunden ist. Wir lassen die Beschreibung des Wheatstoneschen Zeigertelegraphen hier folgen, um das Wirkungsprinzip dieser Vorrichtnng zu illustrieren.

In unsrer nächsten Abbildung stellt A den Aufgabeort, B den Empfangsort der Depesche dar, gleichviel, ob die beiden Endstationen 5 oder 500 Meilen voneinander liegen. Dazwischen sollen einzelne Stationen noch eingeschaltet sein, wie es C, ein einfaches Wärterhäuschen, andeutet.



Der Zeigertelegraph von Wheatstone.

Der die Leitung vermittelnde Draht ist mit 5 bezeichnet und auf Stangen von einer Station zur andern fortgeführt. Die Apparate sind auf allen Stationen gleich. A gibt eine Ansicht von der äußern, B eine solche von der innern Einrichtung. Die galvanische Batterie, welche selbstverständlich auch durch einen Rotationsapparat ersetzt werden kann, befindet sich im untern Teile des Arbeitspultes.

Die hauptsächlichsten Bestandteile des eigentlichen Telegraphier-Apparats sind in der Abbildung auf Seite 165 etwas größer dargestellt worden. Daran ist die am Pult bemerkbare zifferblattähnliche Meldescheibe, welche an ihrer Peripherie 22 Buchstaben — x und y fehlen, für v und w gilt dasselbe Zeichen — und 10 Zahlzeichen trägt, zwischen denen zu oberst und zu unterst zwei Sternchen eingeschaltet sind.

Diese Scheibe führt den Namen Meldescheibe, zum Unterschiede von dem im Äußern ganz ähnlichen Zeichengeber, welcher auf der Fläche des Pultes angebracht und durch die Hand des Beamten bewegbar ist, während der Zeiger der Meldescheibe nur von der andern Station aus durch Öffnen und Schließen der Kette gerückt wird.

Der Zeiger sitzt nämlich vorn an einer durch den Mittelpunkt der Scheibe gehenden drehbaren Achse, welche wie die Zeigerachse der Uhren im Innern ein Steigrad hat, in welches der Anker 1 (Fig. S. 165) zu beiden Seiten eingreift. Die Zähne des Ankers sind so gestellt, daß immer einer in das Rad greift und dieses also bei der hingehenden Bewegung des Ankers jedesmal um einen Zahn und ebenso wieder um einen bei der hergehenden Bewegung vorwärts rücken kann.

Es wird nun aber jedesmal, wenn ein Strom durch den Draht geht, das Hufeisen 4 magnetisch, der Anker angezogen und das durch ein fallendes Gewicht gespannte Rädchen rückt folglich einen Zahn weiter: wird die Kette wieder geöffnet, so drückt die Feder 2 den rechten Schenkel des Ankers von dem nun nicht mehr magnetischen Hufeisen ab, wobei das Rädchen 3 um den zweiten Zahn vorwärts geschoben wird. Jeder Strom bewirkt also durch Schließen und Öffnen ein Fortrücken um zwei Zähne, und da das Rad doppelt so viel Zähne hat, als auf der Meldescheibe Zeichen angebracht sind (hier 68), so geht natürlich auch der mit dem Rädchen 3 fest verbundene Zeiger auf der Meldescheibe jedesmal um einen Buchstaben weiter.

Der Beamte in A (Fig. S. 163) hat seinen Zeichengeber rechts vor sich auf der Fläche des Pultes, und durch die vollkommene Uebereinstimmung der inneren Werke ist er sicher, daß genau dieselben Buchstaben welche er mit seinem Zeiger berührt, auf der Meldescheibe in B angezeigt werden.

Die Einrichtung des Zeichengebers ersehen wir aus Fig. S. 165, wo man diesen wichtigen Teil des Apparats sowohl von oben (A und B) als im Durchschnitt (C) gezeichnet erblickt. In dieser letztgenannten Durchschnittszeichnung bedeutet 7 eine kupferne Scheibe, deren Umfang 34 Zähne hat, so daß der durch den darauf schleifenden Leiter 5 übertragene Strom 34 mal unterbrochen wird. Die Zwischenräume zwischen den Zähnen sind mit Holz, Horn, Elfenbein oder einer andern ähnlichen, nicht leitenden Substanz ausgefüllt. Der Strom selbst geht aus der Batterie durch den Draht 8 in die kupferne Scheibe und wird also, wenn dieser Schließungsdraht auf einen metallenen Zahn trifft, weiter zu dem Elektromagnet 4 geführt. Nachdem er dessen Windungen durchlaufen hat, strömt er durch den Draht 6 der Erdplatte zu und geht, durch die Erde weiter geleitet und auf der andern Station dann wieder von der Erdplatte 9 aufgenommen, in die Batterie zurück. Jedes Fortrücken des Zeichengebers 10 und damit der Scheibe um einen Zahn entspricht also einem Weiterrücken des Zeigers auf der Meldescheibe um einen Buchstaben.

Wie man aber mit einem telegraphischen Apparat, nach Art des in Figur S. 163 dargestellten, im stande ist, jeden Augenblick von A und

receiver (or indicator) [illegible]

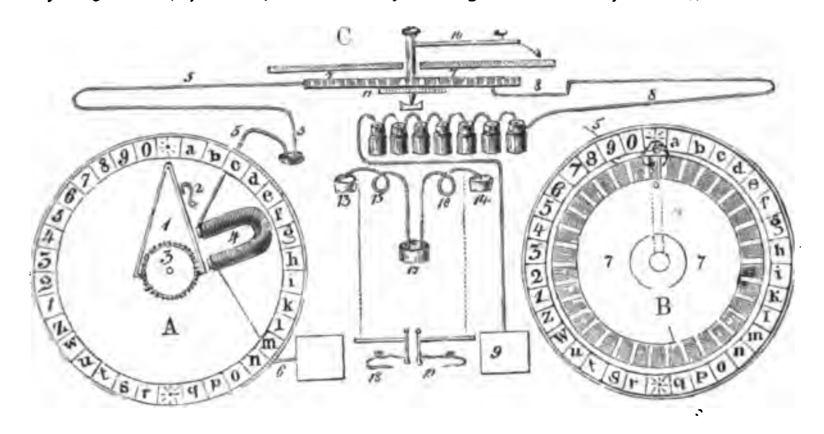
transmitter (manipulator)

pointer

[illegible]

einem andern Orte, den wir C nennen wollen, sowohl telegraphische Nachrichten zu empfangen, als auch solche dahin abzusenden, das ist aus der angezogenen Figur ersichtlich. Es tauchen nämlich die von A und C kommenden Drähte 15 und 16 in kleine Quecksilbernäpfchen 13 und 14 (wie sie in untenstehender Fig. deutlicher dargestellt sind); aus diesen führt wieder je ein drittes Näpfchen 17, von wo dann der Draht um den Elektromagnet sich windet. Der Magnet kann somit seine Erregung von zwei Seiten her empfangen, und um nach einer bestimmten Richtung hin zu telegraphieren, schaltet man aus dem gemeinschaftlichen Quecksilbernäpfchen nur den betreffenden Leitungsdraht aus.

Übrigens sind die Apparate noch mit Weckern und andern Hilfsvorrichtungen versehen, auf deren Beschreibung wir uns nicht einlassen können.



Meldescheibe und Zeichengeber des Wheatstoneschen Zeigertelegraphen.

An den Zeigertelegraphen zu arbeiten, erfordert keine besondere Fertigkeit, und für den Eisenbahndienst sind solche Apparate deswegen von gewissen Vorteilen. Indessen ist die Zeitdauer, welche die Absendung einer Depesche verlangt, verhältnismäßig groß, da der Zeiger nur in der einen Richtung bewegt werden kann und, um auf einen im Alphabet zurückliegenden Buchstaben zu gelangen, den ganzen Kreis erst durchlaufen muß. Soll z. B. das Wort Amor telegraphiert werden, so genügt zwar ein einmaliges Durchlaufen der Meldescheibe; der Telegraphist hält erst auf dem a inne, läßt dann den Zeiger, indem er elfmal den Strom unterbricht, bis m fortrücken und wartet hier wieder einen Augenblick, geht dann zum o und r, immer in derselben Drehung. Wenn aber das umgekehrte Wort Roma annonciert werden soll, so muß er erst das r signalsieren, darauf den ganzen Kreis wieder bis zum o durchlaufen, dann wieder fast einen vollen Umlauf machen, um zum m zu gelangen, und kommt schließlich, nachdem er viermal den Zeiger durch den ganzen Umfang der Scheibe geführt hat, erst mit dem

a zum Ende. Diese Beschwerlichkeit hat denn auch ganz besonders dazu beigetragen, den Morseschen Telegraphen in späterer Zeit eine so günstige Aufnahme zu verschaffen.

Leicht zu verstehen ist die Einrichtung des Glockenwerkes C. Wird der hängende einfache Anker auf einen Moment nach rechts gezogen, so kann ein Zahn des Rades durchgehen und der Glockenhammer erhält einen einmaligen Antrieb.

Es ist übrigens hier eine Bemerkung einzuschalten, die für alle Apparate gilt, welche auf der Anziehung eines Ankers beruhen. Das Aufhören der Elektrizität in dem Hufeisen ist nach erfolgter Stromunterbrechung keineswegs so augenblicklich, daß nicht der Anker noch eine Weile hängen bleiben sollte, wenn er mit jenem direkt in Berührung gesetzt wäre.

Aber dies geschieht auch nicht, vielmehr verhindern ein oder ein paar kleine in den Anker oder den Magnet eingesetzte Messingstifte, die etwa wie halbe Nadelköpfe hervorstehen, das direkte Zusammenstoßen.

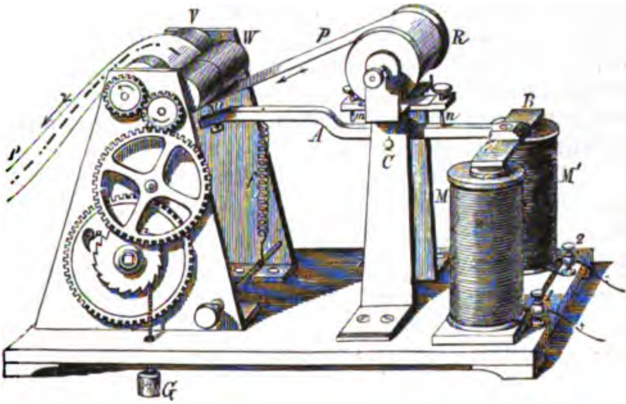
Schon Steinheil konstruierte einen telegraphischen Apparat, bei welchem anstatt der gewöhnlichen rautenförmigen Magnetnadeln zwei vertikal schwingende Magnetstäbchen angebracht werden, die an dem einen Ende mit hohlen Messingstiften versehen waren. In letzteren befand sich Farbe, mittels derer auf einem vorübergezogenen Papierstreifen, je nach der Bewegung der Magnethölzchen verschiedenartig gegeneinander gestellte Punkte angegeben wurden, welche die verschiedenen Buchstaben des Alphabets ausdrückten. Um durch Töne zu telegraphieren, wurden die Farbestifte durch Hämmerchen ersetzt, welche an verschiedentönende Glöckchen schlugen. Es war dies der erste Drucktelegraph.

Neben Steinheil ist der Amerikaner Morse als Erfinder der Drucktelegraphie zu nennen, dessen Apparat im Jahre 1835 bekannt wurde und von da an mit mannigfachen Verbesserungen allgemeine Verbreitung fand. Noch gegenwärtig spielt der Morsesche Apparat, der auch als Stiftschreiber bezeichnet wird, in der elektrischen Telegraphie eine Hauptrolle, indem mit demselben die Zeichen sehr schnell, nämlich bis 100 Buchstaben in der Minute, gegeben werden können, während die besten Zeigertelegraphen es nur auf 40—50 bringen lassen; nebenbei zeichnet sich derselbe auch durch einfache sowie sichere Wirkung vorteilhaft aus.

Der Apparat, welcher nur mit einem Strom durch zeitweilige Unterbrechungen desselben arbeitet, besteht aus drei Teilen: aus einem Uhrwerk, welches durch ein Gewicht G in Bewegung gesetzt wird und den Papierstreifen pp, auf den die telegraphischen Botschaften oder Telegramme abgegeben werden sollen, von einer Rolle R abwickelt und durch zwei Walzen V und W hindurchzieht, aus dem Schreibhebel AB, der durch einen etwas abgestumpften Stahlstift o unter der Walze W Zeichen, Punkte und kurze Striche in das Papier eindrückt, weshalb diese Walze, gegen die der Schreibstift drückt, mit einer kleinen Rinne versehen ist, endlich aus einem Elektromagnet M M', welcher in Verbindung mit der Spiralfeder F den

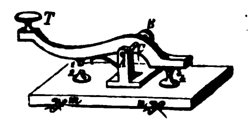
(communicator or key)

Schreibhebel in Bewegung setzt, indem er den Anker B abwechselungsweise anzieht und wieder losläßt. Damit der Anker mit den Eisenkernen nicht ganz in Berührung kommt und zu stark daran haftet, ist eine sogenannte Limitierungsschraube m angebracht, welche den Schreibhebel anhält, wenn sich der Anker dem Eisenkern bis auf eine ganz kleine Entfernung genähert hat; eine zweite Limitierungsschraube n macht, daß, wenn der Elektromagnet zu wirken aufhört, der Anker durch die Feder F nicht zu weit von den Eisenkernen entfernt werden kann. Hiernach bildet der Querbalken A mit dem rechts daran befestigten Anker B einen Wagebalken mit ganz kleinem Ausschlag, welcher um den Bolzen C seinen Drehpunkt hat. Der Elektromagnet richtet nun seine Pole nach oben, der Anker wird demzufolge nach unten gezogen und der Stecher an dem andern Ende geht dann aufwärts.



Der Morsesche Schreib- oder Drucktelegraph.

Der Taster oder Schlüssel dient zum Schließen und Öffnen der Kette. Er besteht aus einem Hebel, der um eine horizontale Achse AB drehbar ist, so daß ebensowohl die Metallkegel 3 und 4, als auch 1 und 2 miteinander in Berührung gebracht werden können. Wenn nicht telegraphiert wird, so gibt eine Feder dem Taster die in der Zeichnung angegebene Stellung, in der 3 und 4 ruht. Der Metallkegel 2 ist mit der Klemme m und 4 mit n durch einen Messingdraht verbunden; von m führt ein Draht zur Batterie, von n zum Elektromagnet und von diesem zur Hauptleitung; von dem messingenen Gestell, das die Zapfenlöcher für die Achse des Hebels enthält, geht eine Leitung zur Erdplatte. Wenn der Taster auf einer Station, z. B. auf der Station II (s. die Abbildung auf S. 170), niedergedrückt wird, so daß bei 3 die Metallkegel in Berührung kommen, so wird die Batterie B' dieser Station geschlossen und die Spirale des Elektromagnets m der Nachbarstation I in den Schließungsbogen eingeschaltet. Der Strom geht nämlich von dem Kupferelement K' der Kette B' durch die Hauptleitung zur Spirale m, von hier durch den Taster T 2 zur Erdplatte E, dann durch das Erdreich zur Platte E' und endlich durch den Taster T' 3 zurück zum Zinkelement Z'



Der Taster oder Schlüssel.

der Batterie B'. Einen andern Weg kann der Strom nicht nehmen, weil jede andre Leitung unterbrochen ist; wollte er z. B. von der Hauptleitung nicht durch m, sondern durch B gehen, so wäre ihm durch die Lücke bei 1 der Rückweg abgeschnitten.

Sobald nun der Strom durch die Spirale m hindurchgeht, wird der Schreibhebel ab von dem Elektromagnet angezogen; der Schreibstift a trifft auf den Papierstreifen pp und macht einen Punkt, wenn der Strom nur einen Augenblick geschlossen wird, oder einen Strich, wenn die Schließung solange andauert, daß sich während derselben der Papierstreifen um eine kleine Strecke, etwa um 1''', fortbewegt. Durch kürzeres oder längeres Schließen der Kette, d. h. durch einen entsprechenden Druck des Fingers auf den Knopf T, kann also der Telegraphist auf einer viele Meilen weit entfernten Station Punkte und Striche in beliebigem Wechsel hervorbringen, welche von dem dort aufgestellten Telegraphisten sogleich in die gewöhnliche Schrift übersetzt werden.

Die telegraphischen Schriftzeichen des Deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereins sind: A.—, Ä.—.—, B—..., C—.—., D—.., E., E'..—.., F..—., G——., H...., I.., J.———, K—.—, L.—.., M——, N—., O———, Ö———., P.——., Q——.—, R.—., S..., T—, U..—, Ü..——, V...—, W.——, X—..—, Y—.——, Z——.., Ch————, 1.————, 2..———, 3...——, 4....— 5....., 6—...., 7——..., 8———.., 9————., 0—————, Punkt......, Semikolon—.—.—., Komma.—.—.—, Doppelpunkt———..., Fragezeichen..——.., Anführungszeichen .—..—., Ausrufungszeichen——..——, Apostroph.————., Klammer—.——.—, Staatsdepesche..., Bahnbetriebsdepesche—..., Telegraphenamtsdepesche.—, Privatdepesche.——., Anruf—.—.—.—, Verstanden...—., Unterbrechung........, Schluß.—.—.—., Warten .—..., Dringend—.., Sehr dringend—..—..; ein Strich = 3 Punkten, der Zwischenraum zwischen zwei aufeinander folgenden Buchstaben so groß als ein Strich und zwischen zwei Wörtern so groß als zwei Striche oder sechs Punkte. In diesem Alphabet sind die einfachsten Zusammenstellungen der beiden Elementarzeichen für diejenigen Buchstaben &c. gewählt, welche in unsrer Sprache am häufigsten vorkommen, während dagegen diejenigen Kombinationen, welche mehr Zeit und Raum in Anspruch nehmen, für die selteneren Buchstaben aufgespart sind. Sollen die Zeichen auf dem Papierstreifen deutlich sein, so muß der Stahlstift kräftig angedrückt werden; hierzu sind aber starke Batterien erforderlich, weil der Strom auf seinem langen Wege eine sehr bedeutende Schwächung erleidet.

Um nun nicht allzugroße und kostspielige Batterien aufstellen zu müssen, ist die sinnreiche Einrichtung getroffen, den Schreibapparat durch eine besondere Batterie, die **Lokalbatterie**, in Bewegung zu setzen und die **Haupt- oder Linienbatterie** nur dazu zu verwenden, um die Lokalbatterie mittels eines Zwischenapparats, **Relais** (Vorspann), zu schließen, wozu

(in case)

ein nur ganz schwacher Strom erforderlich ist. Die beiden Hauptteile des Relais sind ein Elektromagnet, welcher seinen Strom von der Linienbatterie erhält, und ein äußerst leicht beweglicher Winkelhebel, welcher, sobald er vom Elektromagnet angezogen wird, mit einem Drahtende in Berührung kommt, und, sofern letzterer nicht wirkt, von einer Feder wieder zurückgezogen wird. Die Lokalbatterie besteht nur aus wenigen großen Elementen; sie hat keinen großen Widerstand zu überwinden, da ihr Strom nur die Drahtspule des Schreibapparates zu durchlaufen hat.

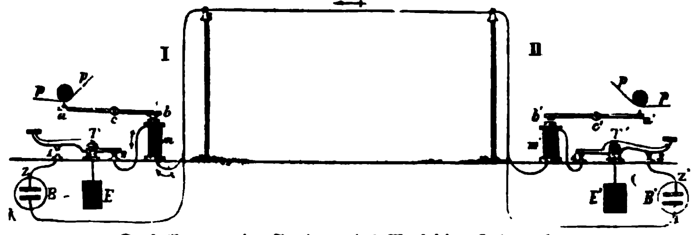


Telegraphieren am Morse-Apparat.

Ist der Abstand zwischen zwei Stationen sehr groß, so wird die Linienbatterie einer Zwischenstation eingeschaltet und die Botschaft von dieser frischen Kette auf dem zweiten Teil ihres Weges weiter befördert. Soll z. B. von Leipzig über Dresden nach Wien telegraphiert werden, so kommen die Zeichen zunächst in Dresden an, werden aber von hier aus ohne Unterbrechung und ohne die Mithilfe eines Telegraphisten mittels der schon erwähnten Vorrichtung, welche der Übertrager oder Translator heißt, durch die Dresdener Linienbatterie unmittelbar nach Wien befördert. Diese Einrichtung gewährt neben einer Kostenersparnis auch den Vorteil, daß die Telegramme auf den Übertragungsstationen niedergelegt werden können. —

Den Berliner Mechanikern Siemens und Halske ist es gelungen, den Morseschen Schreibapparat so einzurichten, daß auf einem und demselben Draht von zwei korrespondierenden Stationen gleichzeitig hin und her telegraphiert werden kann, ebenso daß mehrere Depeschen zugleich in einer Richtung abgesandt werden können. Doch scheint dieses sogenannte Doppeltsprechen noch wenig Eingang in die Praxis gefunden zu haben.

Die ganze Arbeit beim Absenden von Depeschen durch den Morse-Apparat besteht also im Niederdrücken des Schlüssels in kurzen und längeren Zwischenräumen; der Empfangsapparat hat dabei nichts zu thun, steht aber mit einem eingelegten Streifen immerfort bereit. Kommt das Zeichen, daß eine Depesche anlangen wird, so setzt man das Räderwerk und damit den Streifen in Gang und der Anker fängt an in unegalem oder vielmehr gar keinem Takt auf dem Magnet zu hämmern. Geübte Telegraphisten hören nun schon aus dem Gange des Klopfens die Buchstaben und Worte heraus und brauchen die Signaturen des Streifens gar nicht erst anzusehen. Auf großen telegraphischen Zentralstationen werden so viel Menschen und Apparate gebraucht, daß der Telegraphensaal ein Bild gewährt wie das auf S. 171.



Darstellung zweier Stationen des Morseschen Telegraphen.

Der Morsesche Telegraph war von Amerika nicht vollendet herüber gekommen, sondern hat namentlich in Deutschland Verbesserungen erfahren.

Hinsichtlich sinnreicher Konstruktion und Leistungsfähigkeit wurde der Morsesche Apparat noch übertroffen durch den vom Professor Hughes in New York in den Jahren 1855 bis 1858 erfundenen Typendrucktelegraphen, welcher in seiner Art als der vollkommenste Apparat gilt, jedoch dabei sehr kompliziert, schwierig zu bedienen und nicht so zuverlässig ist, wie der einfache Morsesche Telegraph, obwohl er vor demselben gewisse Vorzüge besitzt.

Bei diesem Typendrucktelegraphen werden die Depeschen in lateinischen Buchstaben gedruckt, und zwar so rasch, daß bei ungestörtem Gange etwa 180 Buchstaben oder durchschnittlich 31 Wörter in der Minute zu Papier gebracht werden. Auf den größten Entfernungen hat man mit diesem Apparate durch geübte Beamte 32 bis 40 Depeschen, durchschnittlich zu 30 Wörtern, befördert. Zur Bedienung eines Apparates gehören aber zwei Beamte, von denen der eine telegraphiert, also den Apparat behandelt, während der andre die auf dem Apparate der Abgangsstation ebenfalls erscheinende Schrift mit derjenigen der zum Abtelegraphieren vorliegenden Depesche

vergleicht und etwa vorkommende Unregelmäßigkeiten seinem Kollegen behufs der Berichtigung mitteilt. Die Sache ist also ziemlich umständlich.



Ein Telegraphensaal.

Apparate, welche wirklich drucken, sind schon konstruiert worden, und es erscheint nicht schwer, nach Art der Zeigertelegraphen ein Rad, welches die Drucktypen auf dem Umfange hervorstehen hat, so weit zu drehen, bis der gebrauchte Buchstabe zu unterst ist, wo dann ein angedrückter laufender

Papierstreifen einen Abdruck empfangen kann. Hiermit, scheint es, wäre man aber notwendig in das alte langsame Tempo der Zeigertelegraphen zurückversetzt. Um so überraschender aber ist es, den neuen Apparat arbeiten zu sehen. Das Buchstabenrad rennt und kennt kein Aufhalten. Der Anker über dem Elektromagnet hat dieselbe rasch schwingende Bewegung wie beim Morseschen Apparat, aber jeder Schlag bewirkt den Abdruck eines Buchstabens; während bei Morse die einzelnen Buchstaben bis zu fünf Schlägen erfordern. Das Buchstabenrad erhält von einem nebenstehenden gepolsterten Rad, welches mitläuft, die Farbe; unter demselben dreht sich eine andre kleine Scheibe mit weichem Rande, über welche der Papierstreifen gleitet. Gleichzeitig mit jedem Ankerschlag zuckt diese Scheibe nach oben und drückt das Papier an die Type. Daß allemal die richtige Type sich zu unterst befindet, ist für den Nichtkenner unbegreiflich; einige Konfusion kommt dabei übrigens mitunter vor.

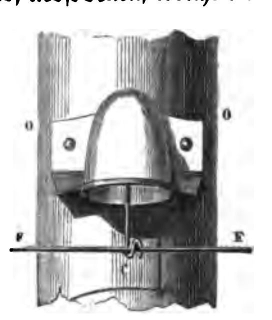
Eine schwache Seite des Apparates ist seine große Kompliziertheit; er sieht mit seinem Räderwerk und andern mechanischen Teilen fast einer kleinen Thurmuhr ähnlich. Wir müssen uns daher auch statt aller Auseinandersetzung auf wenige Bemerkungen beschränken. Der Apparat hat zum Hinaustelegraphieren statt des einfachen Schlüssels eine Klaviatur mit 28 Tasten; hier werden also die Buchstaben und Worte ganz geräuschlos abgegriffen. Soll dagegen eine Depesche in Empfang genommen werden, so wird das zentnerschwere Treibgewicht der Maschine gelöst und der Mechanismus kommt sofort in Gang. Als Gangregler dient eine metallene liegende Spindel mit verdickter Mitte; erst wenn diese ihre rascheste Drehung angenommen hat, kann das Telegraphieren beginnen.

Man hat sich nach der Erkenntnis der Vorteile und Mängel, welche der Morsesche und Hughessche Apparat in der Praxis des Telegraphendienstes gezeigt haben, bemüht, einen Apparat zu konstruieren, welcher die Geschwindigkeit des letztern mit der Einfachheit und Sicherheit des erstern vereinigt. Die von diesem Apparate gegebenen Zeichen bestehen nur aus Punkten, welche in zwei Reihen auf dem Papierstreifen erscheinen und für jeden Buchstaben eigentümlich gruppiert sind; jedoch entspricht auch dieser Apparat nicht genügend den praktischen Anforderungen, so daß man immer zum gewöhnlichen Morseschen Apparat zurückgegriffen hat. Nur im Betriebe großer Stationen hat sich der Hughessche Typendrucktelegraph in denjenigen Fällen als sehr nützlich erwiesen, wo man unter günstigen Isolationsverhältnissen und bei Mangel an Leitungen überhäufte Korrespondenzen schnell aufzuräumen wünscht.

Neben den Typendrucktelegraphen spielt in manchen besonderen Fällen auch der Kopiertelegraph eine Rolle, welcher darauf beruht, daß auf einem präparierten Papierstreifen sich durch den elektrischen Strom ein farbiger Strich bildet, wodurch es auch möglich wird eine Handschrift und selbst eine Zeichnung telegraphisch zu übermitteln. Jedoch ist auch die Bedienung dieser Apparate sehr umständlich.

movement

Verweilen wir jetzt noch etwas bei den Drahtleitungen der Telegraphen. Wir sehen diese der Öffentlichkeit am meisten ausgesetzten Teile sich an allen Eisenbahnen hin erstrecken, denn hier sind sie am besten geborgen; sie gehen aber auch nach kleinen Stationen, die noch nicht in einem Bahnverbande stehen, selbständig an Landstraßen oder auch querfeldein fort. In Ländern wie Rußland, Ostindien, dem westlichen Nordamerika müssen sich die Drahtlinien sehr häufig auf eigne Gefahr durch Feld und Wald und selbst Wüsten hindurchschlagen. In Amerika befestigt man die Drähte häufig auch an lebenden Bäumen; da letztere im Winde hin und her gebogen werden, so muß eine besondere Art der Aufhängung angebracht werden, damit der Draht durch die Schwankungen nicht leidet. In der Nähe großer Städte sind die Pfosten meist mit einer überraschenden Menge von Drähten belastet. Bei weiterer Entfernung mindert sich die Zahl, da einzelne sich nach verschiedenen Bestimmungsorten abzweigen. Es bleiben nur noch solche, die für entfernte Hauptstationen bestimmt sind, nebst denen, welche die Bahn für den eignen Dienst braucht. Das Metall zu den Drähten war anfänglich Kupfer, als bester Leiter, die Dicke meistens 2 mm. Indes sind diese dünnen Drähte nicht sehr haltbar, zumal da das Kupfer durch die Elektrizität und Witterungseinflüsse mit der Zeit brüchig wird. Man hat daher jetzt allgemein Eisendraht in Gebrauch genommen und wiegt dessen geringere Leitungsfähigkeit dadurch auf, daß man ihn beträchtlich stärker nimmt, nach Umständen von 3, 4, 5 mm Durchmesser. Das Eisen wird oberflächlich verzinkt; das Zink verwandelt sich bald in das Eisen schützende Oxyd.


Porzellanener Isolator.

Bei den ersten Telegraphenanlagen glaubte man die ganze Leitung unterirdisch legen zu müssen, überzeugte sich aber bald, daß man die Drähte sicherer und mit viel weniger Kosten durch die Luft führen kann. Nur in Städten und sonst bei Gelegenheiten, wo mit der Luftleitung nicht durchzukommen, legt man sie so weit als nötig unterirdisch. Neuerdings scheint man freilich wieder andrer Ansicht geworden zu sein und den unterirdischen Leitungen den Vorzug zu geben; dieselben sind gegen äußere Beschädigungen durch Sturm, böswillige Menschen &c. allerdings gesicherter als die Lufttelegraphen. Unterirdische Leitungen müssen durch isolierende Überzüge von Guttapercha, Kautschuk oder dergleichen gut gegen die Erdfeuchtigkeit geschützt sein. Mit Guttapercha und Kautschuk hat man aber die Erfahrung gemacht, daß sie von Mäusen abgefressen werden; es bedarf also dagegen eines weiteren Schutzes. Das gewöhnlichste Verfahren scheint jetzt zu sein, daß man aus kleinen Backsteinen Kanälchen mauert, in welche die außerdem mit einem Überzug versehenen Drähte zu liegen kommen. In Paris und London hängt man die Drähte der städtischen Telegraphen so weit möglich an den Decken der Schleusen auf.

Die Drähte dürfen nicht mit den Tragpfählen selbst in Berührung stehen, denn wenn diese durch Regen naß werden, sind sie gute Leiter und würden die Elektrizität in die Erde entlassen. Man bringt daher Isolatoren an, Stützen aus einer nicht leitenden Masse, gewöhnlich Porzellan, Glas ꝛc., in Glockenform oder anders, von mancherlei Gestalten. Bald hängt man den Draht unter der Glocke an, bald liegt er oben auf, bald schlingt er sich um den Hals einer Glocke ꝛc. Alle diese Vorrichtungen haben denselben Zweck: eine nasse Verbindung zwischen Draht und Holz zu verhindern.

Sind mehrere Leitungen an einer Pfahlreihe angehangen, so können sie nicht beliebig nahe gerückt werden, sondern müssen einen bestimmten Abstand erhalten, da sie sich sonst durch Induktion stören würden. Was das ist, wissen wir schon, und ebenso was ein Galvanometer zu bedeuten hat. Die Nadel dieses letztern wird, wenn sie an irgend einem Punkte dem arbeitenden Drahte nahe gebracht wird, in Zuckungen versetzt werden. Das Galvanometer ist daher das Mittel, um zu erfahren, wo in einer Linie, welche nicht mehr leiten will, die schadhafte Stelle liegt. Man beginnt die Prüfung von der Mitte der Linie aus und findet damit, welche Hälfte der Linie nicht mehr leitet; diese Hälfte wird wieder halbiert und so fort, bis man die schadhafte Stelle ermittelt hat. —

Es ist ein großes, kaum genügend zu würdigendes Geschenk, das uns die Wissenschaft mit der elektrischen Telegraphie gemacht hat. Aber die Wissenschaft selbst hat in zahlreichen Fällen nicht minder großen Gewinn davon. Wir weisen nur darauf hin, daß die Telegraphie wie geschaffen ist und fleißig angewandt wird zur Bestimmung der geographischen Länge, also des westöstlichen Abstandes zweier Erdpunkte.

Ferner hat es die Telegraphie auch möglich gemacht, daß über fast ganz Europa die Sternwarten unter sich drahtverbunden sind und sich täglich über Temperatur, Barometerstand u. s. w. ihrer Gegend benachrichtigen. So wird nicht allein den Wetterkundigen ein beständiger Überblick über ein großes Gebiet vermittelt, sondern es können auch solche Warten, namentlich wenn sie an Seeküsten liegen, öfter noch direktern Nutzen gewähren, indem sie von herannahenden Stürmen und Orkanen schleunige Nachricht an die verschiedenen Hafenplätze gelangen lassen. Für das Eisenbahnwesen ist der Telegraph von unendlicher Wichtigkeit, und ohne ihn könnten wir die Schienenwege bei weitem nicht in der staunenswerten Weise ausnutzen, wie es neuerdings geschieht; denn nur durch die unablässige telegraphische Verständigung zwischen den Stationen ist es möglich, so viele Züge kurz hinter und gegen einander zirkulieren zu lassen, wie dies auf frequenten Bahnen vorkommt und wie wir im letzten Kriege in gewaltigster Steigerung gesehen haben. Wie zum Danke gewährt dafür die Eisenbahn dem Telegraphen einen wohlbewachten Weg, den alle Leitungen einschlagen, soweit es immer möglich ist.

Und wie vielfach der Telegraph in unsern gesamten öffentlichen und Privatverkehr nutzbringend eingreift, Erleichterungen und Bequemlichkeiten schafft, selbst geistige Genüsse fördert und erhöht, liegt uns allen mehr oder

weniger vor Augen. Was würden die Geldbörsen und Handelsplätze beginnen, wenn die gewohnten telegraphischen Kurse, was die Redakteure und Zeitungsleser, wenn die politischen Neuigkeiten dauernd ausblieben! Macht ja schon eine einmalige Stockung Verlegenheit genug. Was wird, seitdem die Telegraphengebühren auf mäßige Sätze herabgegangen sind, nicht alles durch den Draht übermittelt: Bestellungen, Erkundigungen, Auskünfte, Benachrichtigungen, Begrüßungen, Glückwünsche u. s. w. Selbst Schachspiele werden per Telegraph geführt. Sehr gewöhnlich sichern Reisende sich Nachtquartier oder eine bereite Wirtstafel, indem sie ihre Bestellung vorher telegraphisch an das gewählte Gasthaus oder eine Eisenbahnstation gelangen lassen. Auf einigen Hauptbahnen Frankreichs und Nordamerikas besteht die Einrichtung, daß vom laufenden Zuge aus telegraphiert werden kann. In Frankreich werden eine Stunde vor einem Haupthalteplatz diejenigen Passagiere ermittelt, welche dort zu speisen wünschen, und deren Anzahl voraustelegraphiert. In Amerika hat man es noch bequemer: jeder Reisende erhält beim Lösen der Fahrkarte eine Speisekarte, trifft unterwegs seine Auswahl, gibt die Karte im Telegraphenwaggon ab und erhält dagegen eine Nummer. Bei Ankunft im Speisesaal findet er das Bestellte zum Einbeißen bereit unter seiner Nummer hingestellt.

Bei keiner Gelegenheit macht wohl das Wirken des elektrischen Telegraphen mehr Eindruck auf das Gemüt, als wenn bei festlichen Versammlungen, wo Reden und Toaste die Stimmung heben, bald von da bald von dort telegraphische Begrüßungen einlaufen und zur Verlesung kommen. Das ist doch ganz etwas andres als ein vorher präparierter Postbrief; wir fühlen uns enger verbunden mit unsern fernen Freunden, deren Grüße wir so unmittelbar, so warm vom Herzen weg empfangen.

Als einmal im fernen Westen Nordamerika's eine Telegraphenlinie durch Indianergebiet geführt wurde, fragte der Oberingenieur einen Häuptling, um ihm einen Begriff von der Bedeutung des Dinges zu geben, ob er nicht Lust habe, mit seinem entfernten Freunde in Unterredung zu treten. Dieser andre dem Frager bekannte Häuptling wohnte zwei Tagereisen weiter östlich. Der erste Häuptling gab einen Satz auf, und da der andre bald aufgefunden wurde, so erhielt jener zu seinem größten Staunen in kurzer Zeit dessen Antwort. Nunmehr kam es zur Sprache, ob die beiden Freunde nicht eine persönliche Zusammenkunft halten wollten, in der Art, daß jeder zu derselben Stunde von Hause abritte und sie sich folglich mittelwegs träfen. Auch dies wurde arrangiert und des folgenden Tages mit bestem Erfolge ausgeführt. So hatten diese beiden nicht nur den Eindruck von etwas sehr Wunderbarem, sondern zugleich den Beweis von der großen praktischen Nützlichkeit desselben. In der That genießt auch der Telegraph einen gewissen öffentlichen Respekt überall, nicht nur im civilisierten Europa, sondern auch bei den amerikanischen Rothäuten, bei den Eingebornen Ostindiens und den Bewohnern der ungeheuren Landstrecken unter russischer Herrschaft. Nur für eine Sorte Menschen ist der Telegraph verhängnisvoll; das sind

die Durchbrenner mit geraubtem oder unterschlagenem Gut, die sich schon sicher fühlen, wenn sie auf dem Zuge sitzen, der sie nach dem nächsten Seehafen bringen soll, ohne daran zu denken, daß ihnen auf den Drähten zu ihrer Seite der Steckbrief längst vorausgeeilt ist, der sie auf irgend einem Haltepunkt der Polizei in die offenen Arme führen wird.

Der Dampf trägt unsre Personen und Güter durch Land und Meer in einer Geschwindigkeit, die im Vergleich zu andern Transportmitteln ein Flug genannt werden kann; die Elektrizität aber trägt unsere Gedanken in fast gar keiner Zeit in die weitesten Fernen; ja wir würden mit unserm nächsten Nachbar bequem durch einen Draht sprechen können, der um die ganze Erde liefe, wenn wir nur die Leitung vollkommen genug herstellen könnten. Mit den unterseeischen Kabeln zwischen der alten und neuen Welt umfassen wir schon ein Viertel des Erdkreises, unsre Landtelegraphen freilich tragen nicht so weit und wir müssen die langen Linien aus Stücken zusammensetzen, zwischen denen die Depeschen umzutelegraphieren sind. Hier wird also doch Zeit gebraucht; aber sie berechnet sich bei den längsten Linien, z. B. von England nach Ostindien, doch kaum nach Stunden. Was ist das gegen die langsame Bewegung der Nachrichten in früheren Zeiten!

Die Telephonie oder Fernsprechkunst.

Einen untergeordneten Zweig der Telegraphie bildet die Telephonie, welche auf der Wiedergabe der Sprache durch elektrische Ströme beruht, und wenn auch die Telephonie innerhalb des großen telegraphischen Verkehrs nur eine sehr untergeordnete Bedeutung hat, so ist sie doch im engeren Verkehr zu wichtigen Dienstleistungen berufen.

Das erste Telephon wurde im Jahre 1861 vom Professor Philipp Reis in Friedrichsdorf bei Hamburg konstruiert; wie alle späteren und überhaupt alle telegraphischen Apparate besteht derselbe aus einem Sender oder Geber und einem Empfänger. Als Sender dient bei dem Reisschen Telephon ein Resonator in Gestalt eines viereckigen hölzernen Kastens, in dessen einer Seitenwand sich ein großes rundes Loch befindet, vor welchem eine elektrische Membran, das ist eine Art Trommelfell aus Schweinsdünndärmen, ausgespannt war, in dessen Mitte sich ein aufgekittetes Platinplättchen befand, auf welchem ein an einem leichtbeweglichen Hebel befestigter Platinstift ruht. Plättchen und Hebel sind mit den beiden Polen einer galvanischen Batterie so verbunden, daß durch die Berührung zwischen Stift und Plättchen der Strom hergestellt, durch die Entfernung beider der Strom unterbrochen wird. Der Empfänger besteht aus einer Drahtspirale mit einem dünnen weichen Eisenkern von der Stärke einer Stricknadel und darüber befindet sich als Resonanzboden ein leichter Holzdeckel. Die Drahtspirale des Eisenkernes ist in den Stromkreis eingeschaltet. Sobald man vor der Schallöffnung des Resonators singt, spricht oder einen musikalischen

runaway [illegible] (student slang)
purloiner
warrant of arrest

—X—

In 1883 over 245,000 telephones in use [illegible]
100,000 miles of wire.

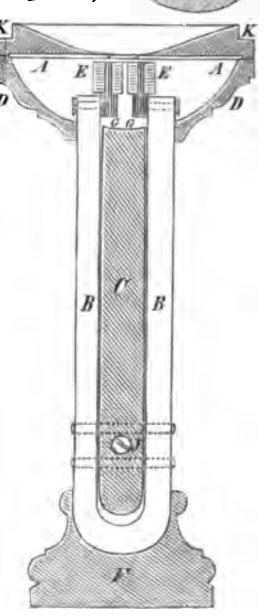
telephony
receiving
more limited
transmitter

(me) pigs[illegible] [illegible]
withdrawal
extra
screaming [illegible]

timbre coloratura

Instrumente Töne entlockt, so gerät dadurch die Membran in entsprechende Schwingungen, durch welche eben so viele momentane Berührungen zwischen Platinplättchen und Stift und folglich auch Stromschließungen herbeigeführt werden. Durch das rasch aufeinander folgende Erregen und Verschwinden des Magnets in der Stricknadel entstehen in letzterer ebenso rasch aufeinander folgende Längsschwingungen, welche sich in einem Ton äußern, der mit dem erregenden Tone übereinstimmt. Man kann in dieser Weise mit dem Reisschen Telephon wohl die Höhe des Tones, aber nicht dessen Stärke und Klangfarbe wiedergeben, vielmehr hat der mit diesem Apparat erzeugte Ton einen schnurrenden Klang.

Es wurden am Telephon im Laufe der Zeit von verschiedenen Erfindern mancherlei Verbesserungen angebracht, aber immer konnte man damit höchstens nur musikalische Töne wiedergeben, bis endlich Graham Bell in Boston alles bisher Erreichte in den Schatten stellte, indem derselbe ein Telephon herstellte, welches es möglich machte, die Sprache einer Person in ihrer ganzen Eigentümlichkeit auf Strecken von vielen Tausend Metern zu übertragen. Damit war der eigentliche Fernsprechapparat erst geschaffen. Bei dem ersten Bellschen Telephon bestand der Sender, oder wie man jetzt sagen kann — das Sprechtelephon, ähnlich wie beim Reisschen Apparate, aus einer Art Trommelfell, in dessen Mitte aber anstatt des Platinplättchens eine kleine Eisenplatte befestigt war, vor welcher sich ein Elektromagnet befand. Durch die Schwingungen des Trommelfells wurde das Eisenplättchen dem Kerne des Elektromagneten abwechselnd genähert und wieder davon entfernt, wodurch in der Spirale des Elektromagnets elektrische Ströme hervorgerufen wurden, deren Stärke zur Kraft des Tones im Verhältnis stand. Als Empfangsapparat oder Hörtelephon dient ein sogenannter Glockenelektromagnet, d. h. ein stabförmiger Elektromagnet, an welchem die eine Stirnfläche des Kernes, d. i. der eine Pol, sich scheibenförmig rings um den Stab verbreitert, während am Rande dieser Scheibe ein hohler Cylinder von Eisenblech sitzt, der so lang ist wie der Kern und den ganzen Elektromagnet umgibt. Der ringförmige Rand des Cylinders bildet dann den entgegengesetzten Pol zu dem von ihm umgebenen freien Pole des Magnets.



Siemensscher Fernsprecher.

Beide Elektromagnete, sowohl der des Sprech-, als auch der des Hörtelephons, sind durch eine Drahtleitung verbunden; und da nun sich vor den Polen des Glockenelektromagneten eine Blechscheibe von Papierstärke befindet, welche an einem Punkte am Rande der Glocke befestigt ist und

deren Öffnung bedeckt, so wird diese Scheibe durch die in der Spirale des Elektromagneten erzeugten Ströme in Schwingungen versetzt, welche einen Ton hervorbringen, welcher dem zu übertragenden Tone an Höhe und Stärke gleich ist. Das Innere der Glocke dient als Resonator. Später verbesserte Bell sein Telephon und gab ihm diejenige Form, welche der umstehend abgebildete Siemenssche Fernsprecher im allgemeinen auch besitzt, obschon derselbe in Einzelheiten etwas davon abweicht; diese Abweichungen sind jedoch als Vervollkommnungen zu bezeichnen. In einen Metallcylinder C, dessen Querschnitt unten links neben dem Längsdurchschnitt des ganzen Telephons zu sehen, ist ein schlanker Hufeisenmagnet BB eingelassen, dessen Bogen der hölzerne Fuß F überdeckt. Auf dem obern Rande des Cylinders C sitzt, wie bei dem Bellschen Apparate, ein zweiter Cylinder D, welcher die Pole des Hufeisenmagnets mit den Drahtrollen EE und die papierdünne Eisenscheibe A (die sogenannte Membran) enthält. Verschlossen ist das Gehäuse durch einen mit einer Schallöffnung versehenen Deckel K. An der Innenseite der Schenkel BB des Hufeisenmagnets sind zwei weiche Eisenstäbchen GG derartig befestigt, daß sie halb über die Magnetschenkel hinausragen und die eigentlichen Magnetpole bilden; über diese Polenden sind die Drahtrollen EE aufgesteckt, und dicht vor den Polen befindet sich die erwähnte Membran. Zur Regelung der Entfernung der Polenden von der Membran dient die im untern Teile des Cylinders angebrachte Schraube J, welche mit einem Exzenter versehen ist, welches zwischen zwei mit dem Magnete verbundenen Querstäbchen liegt und sich gegen diese stemmt, so daß durch Drehung der Schraube J der Magnet etwas nach oben oder unten geschoben werden kann. Was diesem Fernsprecher vor dem Bellschen den Vorzug gibt, ist — abgesehen von seiner größeren Empfindlichkeit — der Vorteil, daß zum Anrufen der Hörstation keine besondere Rufvorrichtung erforderlich ist, indem einfach auf das Mundstück des Telephons eine Zungenpfeife aufgesetzt wird, in welche man hineinzublasen hat. Sprech- und Hörtelephone sind gleich konstruiert.

Einige Telephonkonstrukteure haben zur Verstärkung des Tones ihrer Instrumente das Mikrophon benutzt, welches für das Ohr gewissermaßen als Mikroskop dient, indem es die Schallwellen bedeutend verstärkt und somit selbst sonst unhörbare Geräusche auf größere Entfernungen hörbar macht. Das Mikrophon ist eine Erfindung des Amerikaners Eduard Hughes, dessen Name schon als Erfinder des Typendrucktelegraphen Berühmtheit erlangte. Wunderbar ist die Einfachheit dieses merkwürdigen Instrumentes, dessen Anordnung beistehend illustriert ist.

Ein Stäbchen A aus harter Kohle, wie solche für gewisse galvanische Elemente benutzt wird, ist mit seinen zugespitzten Enden leicht zwischen zwei aus gleicher Masse gefertigte Kohlenstückchen CC geklemmt, die zu dem Zweck etwas ausgehöhlt sind. Mit diesen an einen Resonanzboden befestigten Kohlenplättchen sind die Leitungsdrähte X und Y eines Telephons verbunden. Der ganze Apparat ruht auf der festen Unterlage D. Durch die geringste

on the other edge opposite

cross

sides, legs [illegible] [illegible]

forms the [illegible]

adjacently on [illegible]

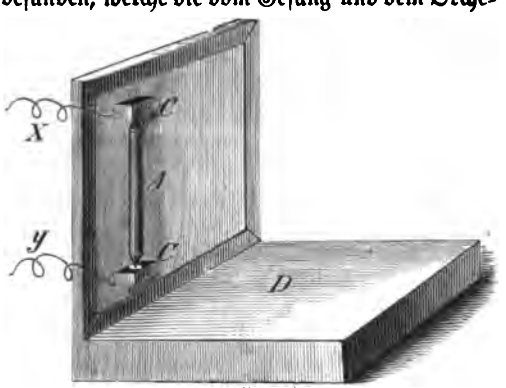
Same experiment [illegible] earlier here in Ithaca. Gilmore's band &c at Schaeffer's. Electric lights in Paris before the Grand Opera [illegible]

[illegible] in a ridge shape

[illegible]

Erschütterung wird eine Änderung des durch das Kohlenstäbchen in die Stromleitung XY eingeschalteten Widerstandes hervorgerufen und dadurch auch die Stromstärke verändert, und diese Änderung der Stromstärke erzeugt in dem Magnetkerne des vielleicht in großer Entfernung befindlichen Telephons eine Änderung des magnetischen Zustandes, wodurch wiederum in der vor den Magnetpolen befindlichen Membran hörbare Schwingungen hervorgebracht werden.

Eine sehr interessante Anwendung fand das Telephon bei Gelegenheit der im Jahre 1881 zu Paris abgehaltenen elektrischen Ausstellung, bei welcher Gelegenheit die Große Oper durch eine größere Anzahl Telephone mit dem ziemlich weit davon gelegnen Ausstellungsgebäude verbunden war. In einem hier befindlichen großen Saale waren die Telephone dem Publikum zur Verfügung gestellt, während an der Rampe vor der Opernbühne ebensoviele Mikrophone sich befanden, welche die vom Gesang und dem Orchester erzeugten Schallwellen auffingen und getreulich den Telephonen übermittelten.



Hughes Mikrophon.

In neuester Zeit hat man sich außer mit der elektrischen Übertragung von Tönen auch noch mit der Erfindung von Methoden zur dauernden Festhaltung der Töne beschäftigt; besonders ist auf diesem interessanten Felde der berühmte amerikanische Elektriker Edison mit Erfolg thätig gewesen. Zu dem Zwecke wird im Zentrum der schwingenden Telephonplatte ein Stift befestigt, unter dessen abwärts gerichteter Spitze ein langer ∧ förmig zusammengebrochener Papierstreifen hinweggeht. Der Stift macht bei seinen zitternden Bewegungen in die scharfe Kante des Papierdaches eine Reihe von feinen Einschnitten und Löchern, deren Tiefe zur Schwingungsgröße des Stiftes im Verhältnis steht. Läßt man alsdann den Papierstreifen wieder mit derselben Geschwindigkeit unter dem Stifte durchgehen, so wird letzterer in die vorher gemachten Löcher einsinken und muß also genau dieselben Schwingungen wiederholen, womit er zuerst die Löcher erzeugt hat. Auf diese Weise kann man selbst nach Verlauf von Jahren eine Rede oder ein gesungenes Lied rc. wieder zu Gehör bringen.

Eine andre interessante, wenn auch bisher noch nicht für praktische Zwecke verwendete Erfindung ist das Photophon oder der Lichtsprecher, wobei die Töne nicht mehr durch Drähte, sondern durch die mittels eines parabolischen Spiegels reflektierten Lichtstrahlen dem Telephon übermittelt werden. Jedoch können wir hier nur Andeutungen geben, das ganze Gebiet, vor dem wir hier stehen, ist ein zu großes, um es in diesem Büchlein ausführlich zu schildern.



Auslegung eines unterseeischen Kabels.

Die Welttelegraphie durch Ozeane und Kontinente.

Im Jahre 1801 brauchte man 21 Tage, um die Nachricht vom Tode des russischen Kaisers Paul I. durch Kuriere nach London gelangen zu lassen; 1855, wo schon Telegraphen zugezogen werden konnten, erfuhr man das Ableben des Kaisers Nikolaus schon nach 4¼ Stunden zu London. Im Jahre 1866 gelangte der Inhalt der Eröffnungsrede des nordamerikanischen Präsidenten Johnson nach England in einer Viertelstunde. In früheren Zeiten hatte England mit seinen ostindischen Besitzungen keine andern Verbindungen als die Schiffahrt; ein Schiff aber war fünf Monate unterwegs. Heute brauchen die Depeschen auf der Linie London-Liebau-Moskau-Teheran-Kalkutta nur 45 Minuten Zeit. Die telegraphischen Depeschen nach Amerika langen dort sogar einige Stunden früher an, als sie aufgegeben wurden; die Londoner Kurse können zu Mittag an der New Yorker Börse schon angeschlagen sein, während sie in London doch erst Nachmittags um 4 Uhr bei Börsenschluß aufgegeben werden. Daß dies scheinbare Wunder sehr natürlich zugeht und sich daraus erklärt, weil die Sonne weiter im Westen, d. h. in Amerika um so viel später aufgeht, bedarf wohl keiner Auseinandersetzung. Die Elektrizität ist eben viel tausendmal schneller als der Lauf der Erde um die Sonne.

Auf diese weltumspannenden Bahnen des elektrischen Eilboten, und namentlich auf die unterseeischen Leitungen wollen wir jetzt unsre Aufmerksamkeit richten. Nachdem man die guten Dienste der Telegraphen im Binnenlande kennen gelernt, konnte es nicht fehlen, daß man dieselben auch auf Länder auszudehnen wünschte, die durch Meere getrennt sind. Der

Cables &c. 20 pages.

Dec. 1883. pp. 254-55.

[illegible] [Hi[illegible]]

erste Gedanke einer submarinen Telegraphenleitung scheint von dem um das Telegraphenwesen überhaupt hochverdienten Professor Wheatstone in London ausgegangen zu sein; bereits im Jahre 1840 legte derselbe nämlich dem Parlament ein Projekt vor, um Dover mit Calais durch ein unterseeisches Kabel zu verbinden. Allein man kannte damals die isolierende Eigenschaft der Guttapercha noch nicht, und der Vorschlag Wheatstones kam nicht zur Ausführung. Im Jahre 1846 machte W. Siemens in Berlin die ersten Versuche, den Leitungsdraht vermittels einer Umhüllung von Guttapercha zu isolieren, und von da ab war von der unterirdischen Telegraphenleitung zur unterseeischen oder submarinen nur noch ein Schritt. Dennoch vergingen drei Jahre, bis zuerst durch Walker, den Dirigenten des Telegraphen der englischen Südwest-Eisenbahngesellschaft, auf einer über zwei Meilen langen Seeleitung telegraphische Depeschen ausgewechselt wurden.

Als man soweit war, erfolgte 1851 die Legung der ersten wirklichen Telegraphenleitung da, wo man es hätte vorhersagen können, zwischen Frankreich und England an der schmalsten Stelle des Kanals, von Dover nach Calais. Der Ingenieur Brett hatte das Projekt im Jahre 1850 zunächst ins Auge gefaßt; damals glaubte man allgemein noch nicht an die Möglichkeit des Gelingens. Man hielt das Ganze nur für eine Chimäre und wurde nicht müde, es in öffentlichen Blättern als einen großartigen Schwindel zu verleumden. Der Draht selbst, aus solidem Kupfer gezogen, war mit einer Lage von Guttapercha bedeckt. In Dover angefertigt, wurde er von dort aus in gerader Richtung auf das Kap Gris-nez in den Kanal versenkt, und bald gingen die ersten Depeschen hin und her und bewiesen die Ausführbarkeit der unterseeischen Leitung. Allerdings dauerte diese erste telegraphische Verbindung zwischen unserm Kontinent und dem Inselreich nur wenige Stunden. Ein fleißiger Schiffer, erzählte man sich, der seiner Arbeit oblag, zog plötzlich ein Stück des kaum gelegten Kabels mit in die Höhe, und ganz erfreut über den seltsamen Fund, lief er damit triumphierend nach Boulogne und zeigte es dort als eine neue Art Seegewächs, dessen Inneres mit Gold gefüllt sei. Wahrscheinlich ist der Draht von den scharfen Klippen an der französischen Küste zerschnitten worden. Kurz, man bemühte sich, etwas Dauerhafteres herzustellen, und kam auf die Konstruktion eines zusammengesetzten Kabels, welche in der Hauptsache das Vorbild für alle späteren unterseeischen Leitungen geworden ist. In der Mitte liegen vier mit Guttapercha umhüllte Kupferdrähte von der Stärke wie an gewöhnlichen Klingelzügen, dann folgt eine dicke Umhüllung von mit Teer getränktem Hanf und äußerlich eine Anzahl schlank gewundener dicker verzinkter Eisendrähte. Die Abbildung auf S. 183 gibt eine Probe, zwar nicht von diesem, sondern von dem ersten Kabel nach Amerika; man sieht aber, daß ungefähr derselbe Plan befolgt worden ist, nur sind statt einfacher Eisendrähte aus sieben Drähten gedrehte Litzen angewandt und die eigentlichen kupfernen Leitungsdrähte, die in einer dreifachen Guttaperchahülle liegen, sind auf sieben gebracht. Nun ist aber wohl zu beachten, daß diese

Drähte auch unter sich gut isoliert sind und man also eine siebenfache Leitung zur Verfügung hat, indem immer nur ein solcher Draht auf einmal in Gebrauch genommen wird. Hiernach ist es zu verstehen, daß von Deutschland aus eine direkte Verbindung mit Amerika hergestellt werden soll, die nur einer Leitung bis zur englischen Hauptstation bedarf. Von dort gehen die Depeschen auf einem gepachteten Drahte weiter.

Der ersten unterseeischen Telegraphenverbindung folgten in Europa bald andre Linien. Irland wurde mit England, Italien mit Corsica verbunden, und Dänemark legte bald zwischen den größeren Inseln seines Reiches ebenfalls unterseeische Stränge. Die Verbindungen Englands mit dem Festlande erhoben sich mit der Zeit auf sieben oder acht. Inzwischen ging man auch in Amerika an die Legung submariner Drähte und stellte zunächst ein unterseeisches Telegraphennetz her zwischen dem Kap Ray auf der Insel Newfoundland und dem Kap Breton, sowie zwischen der Prinz Edwards-Insel und Neu-Braunschweig. Das hierzu erforderliche Kabel hatte 120 km Länge, wog pro km 75—80 Zentner und kostete 75000 Dollars. Mit demselben war die Insel Newfoundland mit dem Festland von Amerika verbunden, und die Amerikaner konnten hiermit die Nachrichten aus Europa schon 3—4 Tage früher als vorher erhalten. Amerikaner waren es auch, vor allem Cyrus Field, welche die Anlage eines Kabels durch den ganzen Ozean am eifrigsten betrieben.

Die Legung unterseeischer Taue bietet, sobald nur eine günstige Jahreszeit gewählt wird, auf weniger langen Strecken und in minder beträchtlichen Wassertiefen nur geringe Schwierigkeiten. Vom Hinterteil des Schiffes aus wird das zu versenkende Tau mittels eines Rades hinabgelassen, wobei die Abwickelung gewöhnlich über einer großen gußeisernen Trommel vor sich geht. Man kann dabei nicht selten das Kabel sich selbst überlassen, da sein eignes Gewicht den regelmäßigen Ablauf bei entsprechender Geschwindigkeit des Schiffes zu sichern pflegt. Zur richtigen Einhaltung des Kurses geht dem Kabelschiff, auf welchem der Kompaß wegen der angehäuften Eisenmenge an Sicherheit verliert, ein andres Fahrzeug als Leiter voraus.

Bei ruhigem Wetter, wenn alle Vorbereitungen gehörig getroffen sind, ist der Vorgang der Versenkung eines Telegraphentaues, wie schon früher gesagt, sehr einfach. Bei stürmischer Luft aber, wenn infolge der heftigeren Schwankungen sich die Mannschaft auf dem Schiffe nur mit Mühe aufrecht zu erhalten vermag, wenn plötzliche Finsternis hereinbricht und die genaue Überwachung des abrollenden Taues unmöglich ist, kommt das Kabel in Unordnung, und die Gefahr eines Bruches tritt um so näher, wenn außerdem noch der Meeresboden ungewöhnlich tiefe Stellen bietet, infolge deren das Tau oft plötzlich mit einer rapiden Beschleunigung hinabschießt, aller Bremsversuche spottend. Dann wird nicht selten der Kurs verloren, und das Kabel muß, wenn es nicht schon vorher von selbst gerissen, verlassen, d. h. um Schiff und Mannschaft zu retten, auf offener See gekappt werden. Alle diese Gefahren und Schwierigkeiten nehmen natürlich, je schwerer das

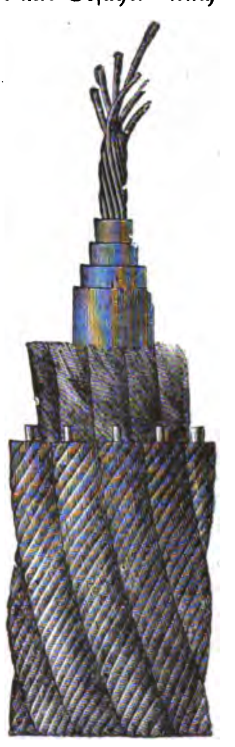
leased

stranded

[illegible] cut—

One [illegible] – [illegible], [illegible] are concerned

Gewicht des zu versenkenden Taues und je tiefer der Meeresboden ist, an Bedeutung zu, und es bedarf dann der sorgsamsten Vorbereitungen für alle Fälle, der umsichtigsten Leitung in den Stunden der Not und Gefahr. Auch bei ruhigem Wetter ist die Arbeit des Auslegens eine spannende und die größte Aufmerksamkeit erheischende, wenn man große Meerestiefen unter sich hat. Denn dann ist der frei im Wasser hängende Teil des Kabels so enorm schwer und zieht so gewaltig, daß starke und künstliche Bremsen in Anwendung kommen müssen, die es nur allmählich entlassen und die ebenfalls leicht in Unordnung geraten können. Übrigens braucht das Verlassen eines Kabels nicht dessen Verlust zu bedeuten; man verbindet dessen Ende mit einer starken schwimmenden Boje, die es empor hält, nimmt es in ruhiger Zeit wieder an Bord und spleißt es mit dem übrigen zusammen.



Die Legung des ersten Kabels nach Amerika war besonders reich an allerlei Wechselfällen und noch erschwert dadurch, daß man es mit einer ganz ungewohnten Aufgabe zu thun hatte. Wir wollen auf die Geschichte des Unternehmens näher eingehen, denn es ist von hohem Interesse, zu verfolgen, wie dieses großartigste Unternehmen der Neuzeit verschiedene Phasen durchlaufen mußte, wie es bald fehlschlug, bald einmal gelungen schien und doch wieder mißglückte, bis dasselbe endlich, nach hinreichend gewonnenen und weislich benutzten Erfahrungen, durch die letzten großen Anstrengungen mit einem überaus günstigen Erfolge gekrönt wurde. Als nach wiederholten Unfällen im Jahre 1858 ein Interessent, Namens Perdonnet, den näher beteiligten Crampton mit seinen Zweifeln an einem glücklichen Ausgange und mit der Frage bestürmte, was nach einem abermaligen Mißlingen geschehen würde, antwortete der letztere einfach:



Probe des ersten europäisch-amerikanischen Kabels.

„Wir werden es noch einmal versuchen.“

„„Und wenn Sie auch diesmal keinen Erfolg haben?““

„So werden wir es wieder und immer wieder versuchen, bis wir endlich einen dauernden Erfolg errungen haben.“

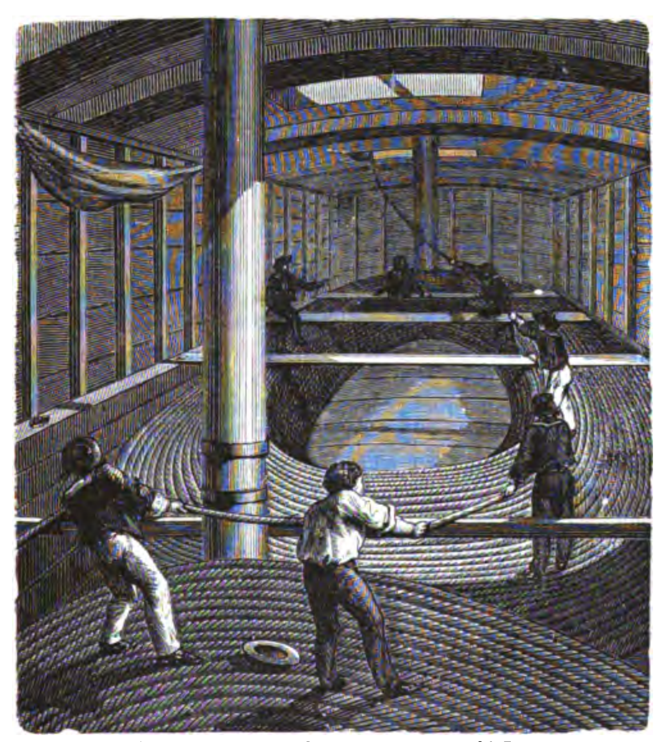
Dies ist mit einem Worte die ganze Geschichte der atlantischen Kabellegung, denn es galt mit seltener Geduld und Energie ungeahnte enorme Schwierigkeiten zu überwinden. Zwei große Abschnitte können wir in der Ausführung des atlantischen Telegraphen unterscheiden. Der eine erscheint



gleichsam wie die Ausführung eines großen Experiments, das den glücklichen Ausgang des zweiten sicher stellt, und in beiden Fällen war eine doppelte Expedition erforderlich, deren jede ein Jahr für sich in Anspruch nahm. Nachdem Cyrus Field die Angelegenheit in die Hand genommen und sich zunächst durch sachkundige Männer, wie Kapitän Maury und Professor Morse, über die technischen Vorbedingungen des Unternehmens unterrichtet hatte, ging er im Jahre 1855 nach England, um hier die Sache persönlich zu betreiben. Nach einem Jahre brachte er die Aktien-Gesellschaft „Atlantic Telegraph Company" zusammen, während zugleich die obenerwähnte Linie durch Neu-Schottland und Newfoundland vollendet wurde. Inzwischen ließ man den atlantischen Meeresboden auf dem Wege nach Irland sondieren und sorgte für die Anfertigung des auf beinahe 4000 km Länge berechneten Kabels, dessen Konstruktion wir bereits kennen und das etwa $4\frac{1}{2}$ Millionen Mark herzustellen kostete.

Im August des Jahres 1857 schritt man zur Versenkung, welche Arbeit infolge der beträchtlichen Masse des Leitungsdrahtes auf zwei Schiffe, „Agamemnon" und „Niagara", verteilt werden mußte. Zu Anfang ging, mit Ausnahme weniger leicht ausgeglichenen Störungen, alles glücklich von statten. Als aber nach einer Strecke von etwa 50 deutschen Meilen bereits über 70 Meilen Kabel aufgezehrt waren, machte sich die Besorgnis geltend, daß infolge etwa noch zu erwartender größerer Unebenheiten des Meeresbodens der Kabelvorrat nicht ausreichen werde. Die nächstliegende Aushilfe einer strafferen Abwickelung des Kabels erschien unvermeidlich, und die Ingenieure auf dem Schiffe suchten deshalb an der Abwickelungsmaschine eine entsprechende Abänderung auszuführen. Dieses Experiment hatte indes einen so unglücklichen Erfolg, daß mitten auf dem Meere der wertvolle Draht zerriß und das Ende in die Tiefe von einer halben Meile hinabsank. So war der erste Versuch gescheitert; aber man verlor den Mut nicht. Neue Gelder wurden zusammengebracht und man ließ den verloren gegangenen Teil des Kabels durch ein neu angefertigtes, beträchtlich längeres Stück von beinahe 200 deutschen Meilen Länge ersetzen. Dieselben Schiffe trugen wieder, im Jahre 1858, das Kabel mitten in den Ozean, fügten dort die beiden Hälften aneinander und legten das Tau vom 26. Juni ab gleichzeitig nach Osten und Westen hin. Nach mehreren Unfällen ging endlich vom 29. Juni ab die Versenkung nach beiden Seiten glücklich von statten, und beide Schiffe erreichten an demselben Tage ihre Zielpunkte. Noch in der ersten Woche des August konnten bereits telegraphische Botschaften den Atlantischen Ozean durchfliegen, und am 16. August tauschten die Königin Viktoria und Präsident Buchanan gegenseitig Glückwünsche aus. Allein die Freude über das Gelingen sollte denselben Monat nicht überdauern. Von Tag zu Tag nahm die elektrische Kraft des Kabels immer mehr ab, bis dasselbe nach einer Beförderung von wenigen hundert Depeschen am 1. September in ein ewiges Schweigen versank. Eine Zeit lang bemächtigte sich hierauf allgemeine Mutlosigkeit der Gemüter, und statt vor allem den eigentlichen

Ursachen des Mißerfolges nachzuforschen, dachte man anfänglich über andre Mittel und Wege nach, um die einmal angeregte telegraphische Verbindung zwischen den beiden Weltteilen auszuführen. Von den verschiedensten Seiten wurden die verschiedenartigsten Projekte in Vorschlag gebracht. Unter anderm wollte man in Amerika von Quebeck aus durch Labrador, die Davisstraße, Grönland, das Eismeer, über Island nach den Faröer-Inseln und Norwegen eine Linie legen. Weiterhin dachten einige daran, von Charleston in Südcarolina aus nach den Bermudasinseln, den Azoren und dann nach Portugal oder Frankreich eine Leitung zu führen.



Kabellagerung im Tiefraume des Transportschiffes.

Ungleich wichtiger erschien die Herstellung einer transmundanen Telegraphenlinie, welche nicht bloß die Alte Welt mit der Neuen auf dem Wege durch Russisch-Asien verbinden, sondern überhaupt eine weite Verzweigung des Telegraphennetzes über den größten Teil aller Kulturländer herbeiführen sollte. Aber wie manche Vorteile auch dieser weitangelegte Plan einer Verbindung der Alten und Neuen Welt auf dem Umwege über Asien darbieten mochte, so blieb doch die unterseeische Linie durch den Atlantischen Ozean

immer der bei weitem kürzere und naturgemäße Weg, und es kam für England außerdem die Rücksicht zur Geltung, daß bei dem Umweg über Asien der Schwerpunkt des Telegraphenverkehrs in zwei außerenglische Staaten, Rußland und Amerika, gefallen wäre. So nahm man denn nach kurzer Zeit den Plan der atlantischen Kabellegung von neuem auf. Während der Bürgerkrieg in Nordamerika wütete, suchte man diesseit des Ozeans die günstigsten Voraussetzungen, welche den Erfolg einer wiederholten Legung garantieren würden, zu ergründen und setzte zu diesem Zweck sogar eine eigne Kommission ein. Denn hatte es auch den Anschein, als wollte die Natur der Kühnheit des Menschengeistes, ihr Werk in seinem wirtschaftlichen Interesse zu verbessern, unbesiegbare Hindernisse in den Weg legen, so stand doch zu hoffen, daß es einer vernünftigen Erkenntnis und unermüdlichen Thatkraft gelingen werde, dem menschlichen Geiste über die Naturgewalten zum Triumph zu verhelfen. Diese Hoffnung hat auch jene mutigen Männer, welche im Kampf mit der Natur nicht erlahmten, um so weniger getäuscht, als sie zunächst mit unnachsichtlicher Strenge alle früher begangenen Fehler aufzudecken, alle Irrtümer zu berichtigen sich anschickten. Man fand, was die Konstruktion des Kabels selbst betrifft, daß infolge verschiedener Nachlässigkeiten teils die Festigkeit, teils die Isoliertüchtigkeit des Taues schon vor seiner Versenkung bedeutend gelitten haben mußte.

Gewiß ist die fehlerlose Herstellung eines solchen langen Kabels eine schwierige Arbeit, welche die größte Umsicht erfordert, und nur durch Erfahrungen konnte man dazu gelangen, gewisse Fehler dabei zu vermeiden. So war z. B. die Umspinnung der Armatur zu zwei Teilen an zwei verschiedene Häuser aufgegeben und dabei die Rücksicht auf die spätere Vereinigung derartig übersehen, daß in der einen Fabrik die Eisendrähte nach rechts, in der andern nach links umsponnen werden durften, wodurch naturgemäß an der Verbindungsstelle ein schwacher Punkt entstehen mußte. Ferner hatte man das Kabel mehrere Monate lang auf dem Kai zu Greenwich in der Sonnenhitze trocken liegen lassen, so daß seine Isolierung, da die Guttapercha an der Luft leicht verdirbt, bereits vor der Legung an manchen Stellen sehr geschwächt sein mochte. Als infolgedessen das gelegte Kabel an seiner Leitungskraft von Tag zu Tag verlor, beging man obenein den Fehler, die elektrischen Leistungen dadurch zu erzwingen, daß man immer stärkere Ströme in Anwendung brachte. Je kräftiger aber der Strom, um so mehr nutzt er die Leitung ab, und so war es kein Wunder, wenn schließlich das gequälte Kabel ganz versagte. Weiterhin war man auch bei dem ersten Experimente der Kabellegung mit der Einschiffung des Taues, auf die ebenfalls sehr viel ankommt, ziemlich sorglos umgegangen. Die glatte Abwickelung des Taues vom Hinterteil des Schiffes ist von einer vorangegangenen umsichtigen Einladung, von der sie gleichsam die Kehrseite bildet, durchaus abhängig, da beim Versenken das Tau ohne die geringste Störung abrollen und in der Geschwindigkeit seines Falles möglichst mit der Schnelligkeit des Schiffes übereinstimmen muß. Die kleinste Nachlässigkeit bei Anordnung der

into play

preliminaries
economic

unsparing
capacity

hawse hole — (through which a cable passes)

einzelnen Ringe während des Einschiffens kann später beim Abrollen eine Schleifenbildung und unter Umständen den Bruch des Kabels zur Folge haben. Im Jahre 1857 verfuhr man in dieser Rücksicht so sorglos, daß man damals eine der fünf Kabellagen in unmittelbarer Nähe der Schiffsmaschine placierte, ohne dieselbe gegen die Wärme, welche aus dem Maschinenraum ausstrahlte, gehörig zu schützen. Abgesehen hiervon war übrigens die Auslegemaschine, an welcher das Kabel herabrollte, von so mangelhafter Konstruktion, daß man den erfolgten Bruch des Kabels sehr begreiflich findet. Wenn man freilich immer auf eine ruhige See und gleichmäßige Tiefe rechnen könnte, so würde man anstatt der einfachen Trommel oder Klüse kaum einer besondern Abwickelungsmaschine bedürfen. Die Rücksicht auf eintretende Stürme und mögliche jähe Untiefen macht aber gerade für die Route durch den Atlantischen Ozean eine leicht zu handhabende Auslegemaschine unumgänglich notwendig. Infolge jener widrigen Einflüsse würde nämlich ein frei herablaufendes Kabel nach den Gesetzen der Schwere unter Umständen seinen Fall immer mehr beschleunigen, ohne daß die Geschwindigkeit des Schiffes in gleichem Maße zunehmen könnte. In kurzer Zeit würde also viel mehr Kabel ablaufen und, indem sich letzteres in Ringellinien auf dem Meeresboden niederlegt, jedenfalls ein beträchtlicher Verlust von Kabel entstehen. Anderseits dürfte aber auch der Lauf des Taues nicht so kräftig gehemmt werden, daß das Schiff sich schneller, als das Kabel abläuft, fortbewegte, weil letzteres sonst auf dem Meeresboden eine ihm vielleicht nachteilige Spannung zu ertragen hätte.

Da nun das Kabel auf dem Meeresgrunde sich in der Regel der geraden Linie möglichst nähern und doch keine Spannung in seinem Innern erleiden soll, so ist die Anwendung einer eignen Auslegemaschine, welche die Ableitung des Kabels reguliert, von selbst geboten. Dieselbe besteht aus einer starken Bremsvorrichtung und einem Kraftmesser oder Dynamometer, welcher stets die augenblickliche Spannung anzeigt. Je nachdem die Tiefe des Meeres sich ändert oder andre Einflüsse zur Geltung kommen, muß der Druck der Bremsen vermehrt oder vermindert werden, damit die Spannung stets dem Gewicht des senkrecht ins Meer hinablaufenden Kabels möglichst gleich bleibt. Nimmt die Tiefe und damit das Gewicht des herabhängenden Taues zu, so ist die Bremse anzuziehen, im entgegengesetzten Falle aber zu lüften. So ist von einem richtigen Manövrieren mit der Auslegemaschine der Erfolg des ganzen Unternehmens einer Kabellegung abhängig, und die Bedeutung der Maschine wird noch dadurch erhöht, daß derselbe Apparat zugleich als Aufwindemaschine benutzt werden kann, wenn es darauf ankommt, das Kabel behufs Prüfung und Ausbesserung einer schadhaften Stelle wieder in die Höhe an Bord zu schaffen. Diese Operation, für welche die fragliche Maschine alle Bewegungen in entgegengesetzter Richtung gestatten muß, ist bei der wirklichen Wiederaufnahme des großen Unternehmens im Jahre 1865 mehrmals in Frage gekommen und mit Hilfe des damals gebrauchten, vielfach verbesserten Apparates auch ausgeführt worden.

Bei der ersten Kabellegung war weder Professor Whitehouse, der erste Physiker der Telegraphen-Gesellschaft, mit an Bord gewesen, noch gestatteten die elektrischen Apparate irgendwie zuverlässige Proben in betreff der Leitungsfähigkeit und hinreichenden Isolierung des Kabels. Für die neue Expedition, welche von mehreren ausgezeichneten Elektrikern begleitet werden sollte, hatte Professor Thomson ein sehr verlässiges Spiegelgalvanometer eingeführt, welches, nach älteren Ideen von Gauß und Poggendorf konstruiert, nicht bloß dazu diente, die Kabeltüchtigkeit hinsichtlich der Leitung und Isolierung in jedem Augenblick zu prüfen, sondern auch zugleich als Signalapparat, wie später als Sprechinstrument für den wirklichen Depeschenverkehr zwischen Europa und Amerika benutzt werden sollte. Weiterhin war die Telegraphen-Gesellschaft bedacht, eine möglichst genaue Untersuchung der für das Kabel bestimmten Lagerstätte vornehmen zu lassen.

Zwar hatten die älteren Sondierungen des Meeresbodens zwischen Irland und Newfoundland bereits gezeigt, daß auf dieser Strecke im allgemeinen keine jähen Neigungen und Senkungen vorkommen, vielmehr meistenteils regelmäßige sanfte Abdachungen sich finden. Um jedoch in diesem Punkte sicher zu gehen, kam es darauf an, Proben aus dem Meeresgrund herauf zu holen, aus denen man mit einiger Zuverlässigkeit auf die Beschaffenheit des Bodens und somit auch auf dessen Neigung Schlüsse ziehen konnte. Hierzu dient gewöhnlich der Brookesche Apparat, dessen Wirkung darauf beruht, daß der sinkende Körper unten eine mit Talg ausgefüllte Vertiefung hat. Beim Aufstoßen auf den Grund drücken sich kleine lose Körper in den Talg ein, oder wo nur nackter Fels vorhanden ist, drückt sich dieser ab. Auf diese Weise kann man auf Tiefen von einer halben deutschen Meile den Meeresboden untersuchen. Nach den Ergebnissen der damals ausgeführten Sondierungen erkannte man nun, daß in der Nähe der irischen Küste der Meeresgrund zunächst sandig, sodann felsig ist und größere Neigungen desselben sich erst etwa 50 Meilen seewärts einstellen, wo auf eine Strecke von $2^1/_2$ Meilen, welche man daher den irischen Abhang nennt, die Differenz der einzelnen Tiefen bis auf 2200 m ansteigt. Jenseit des irischen Abhanges bleibt der Boden auf eine lange Entfernung von beinahe 300 deutschen Meilen verhältnismäßig eben und zeigt hier nirgendwo eine größere Tiefe als 4400 m. Dieses Telegraphenplateau, wie es gewöhnlich genannt wird, ist nun der Legung eines Kabels überaus günstig, und nur an den beiden Stellen, wo sich der Weg den Küsten nähert, treten einige plötzliche Tiefenveränderungen ein, die jedoch ebenfalls der Legung sich nicht absolut hinderlich erweisen. Nachdem diese Beruhigung gewonnen war, inzwischen die Aktienzeichnungen für eine Wiederholung des großen Unternehmens langsam wieder zugenommen und die Summe von $5^1/_4$ Millionen Mark erreicht hatten, schritt nunmehr im Anfang des Jahres 1864 die Transatlantische Telegraphengesellschaft zur Besorgung eines zweckentsprechenden Kabels. Bei der Herstellung ging man diesmal mit der allergrößten Vorsicht zu Werke: alles bei der Konstruktion des neuen

depression – pitch – slope
[illegible]

depression cavity
[illegible]

declivity – slope – incline –
[illegible]

ascent [illegible]
[illegible]

Taues zu verwendende Material mußte in betreff seiner Tauglichkeit einer eignen Kommission vorher zur genauen Prüfung vorgelegt werden.

Mit Rücksicht auf die leichtere Gefährdung an den Küsten durch Wellenschlag, Schiffsanker und Tierangriffe wurden die Küstenenden weit stärker umpanzert, als der für die Tiefsee bestimmte Hauptteil. Für die Küstenenden wurde eine Armatur aus zwölf Eisenlitzen gewählt, deren jede aus drei galvanisierten, d. h. mit Zink überzogenen, fast einen Viertelzoll starken Eisendrähten besteht, wodurch sich der Durchmesser des Küstenkabels auf etwa 6 cm stellt. Dasselbe ist für die irländische Küste auf 27 Meilen, für Newfoundland auf 3 Meilen Länge berechnet und nimmt kurz vor der Stelle, wo es in das Tiefseekabel übergeht, auf eine Länge von 500 m allmählich an Dicke ab, bis es am Vereinigungspunkte dem Hauptkabel an Stärke gleichkommt. Das ganze Kabel, welches im Juni 1865 vollendet war, wiegt über 82000 Zentner und konnte, da man diesmal wegen einer einheitlichen Aktion von der Verteilung auf mehrere Fahrzeuge absehen wollte, auf nur einem einzigen Schiffe, dem großen Ostenfahrer (Great Eastern), untergebracht werden. Daß dieser gewaltige Schiffskoloß damals schon vorhanden war, ist einer jener glücklichen Umstände, wie sie so oft die erfolgreiche Durchführung eines Unternehmens begünstigt haben. Durch zwei Hilfsschiffe wurde in neun verschiedenen Fahrten die gesamte Kabelmasse dem „Great Eastern“ zugeführt und mittels einer besondern Einwindemaschine in drei dazu bestimmten großen Tendern des Riesenschiffes aufgerollt. Die Leitung des ganzen Unternehmens war in die Hand des Ingenieurs Canning gelegt, und ein ganzer Stab von Elektrikern, darunter die Herren de Santy, Varley und Thomson, ging mit an Bord. Dieselben standen mit einer Reihe andrer Elektriker auf dem Lande in fortwährendem Rapport, indem sie während der Kabellegung nach einem vorher klar vorgezeichneten Plane in bestimmten und nach zuverlässigen Chronometern abgemessenen Zeiträumen Signale hin und her auswechselten. Als Apparat hierzu diente ein Spiegelgalvanometer, ähnlich dem, welches nachgehends als arbeitender Apparat auf den beiden Endstationen installiert wurde (s. weiter unten). Hiermit ließ sich nicht nur die volle Unterbrechung des elektrischen Stromes, wie sie z. B. ein Bruch des Kabels zur Folge hätte, sondern jede noch so geringe Minderung seiner Leitungskraft, wie sie z. B. ein Fehler in der Isolierung mit sich führte, sofort erkennen und sogar bis auf eine gewisse Entfernung in der ganzen Länge des Kabels berechnen.

Nachdem in solcher Weise alles, was menschliche Kraft und Umsicht zu leisten vermag, bei den Vorbereitungen für die große Expedition vereinigt war, nahm die Legung des Kabels im Juli des Jahres 1865 von der irischen Küste aus ihren Anfang. Man hatte hier für das Küstenkabel, welches ein kleiner Hilfsdampfer versenkte, als Ausgangspunkt die Foilhummerum-Bai bei Valentia in Irland gewählt, welche sich wie ein Kanal ins Land erstreckt und, nur nach Westen offen, durch hohe Klippen gegen Wind und Wellen geschützt ist. Am 23. Juli wurde das Küstenkabel mit

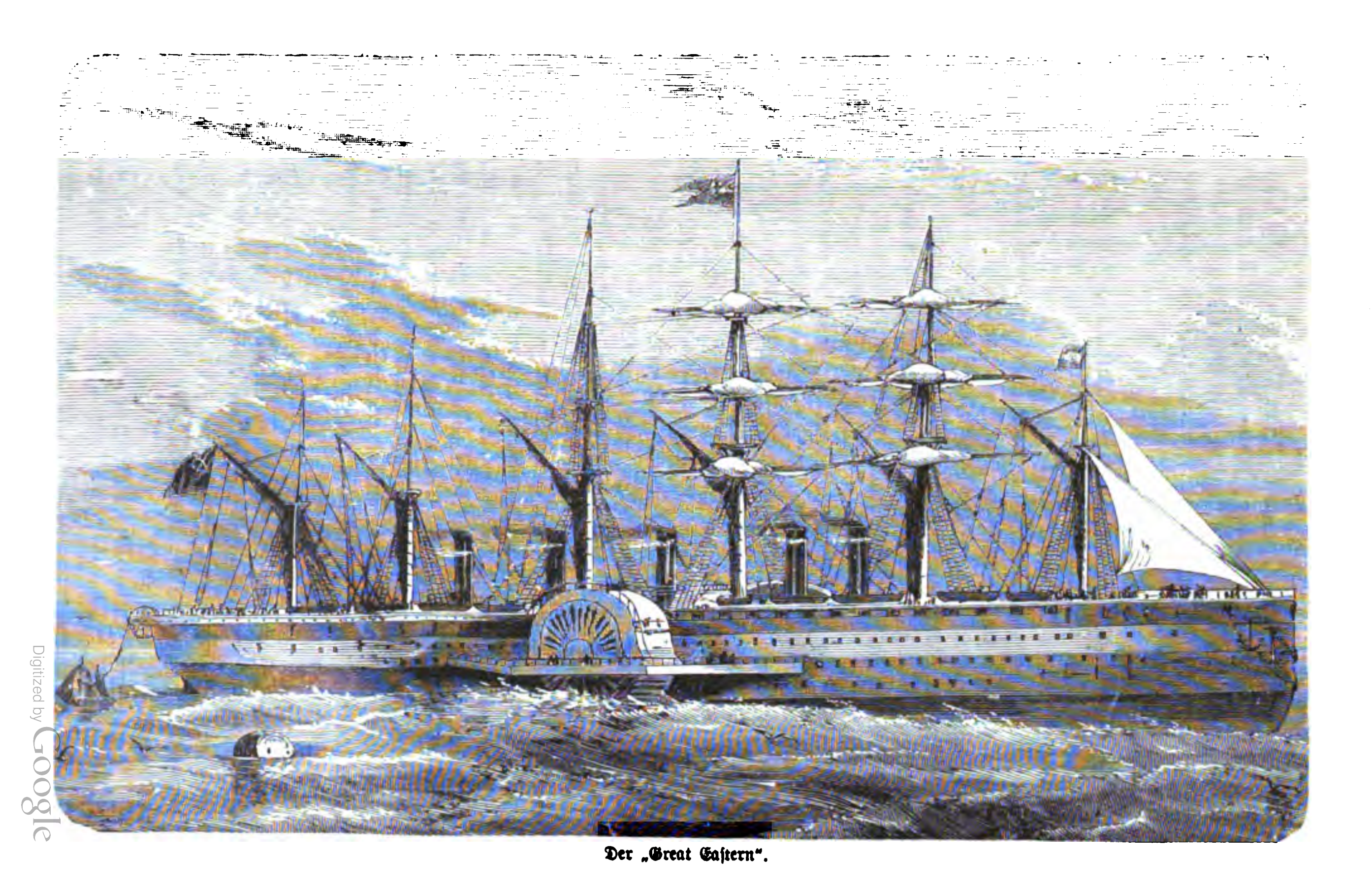
dem Tiefseekabel auf dem „Great Eastern" zusammengespleißt, welcher nunmehr seine bedeutungsvolle Fahrt nach Westen antrat. Am ersten Tage ging alles glücklich von statten, aber schon in den nächsten Tagen wurden mehrmals mit Hilfe des Galvanometers schadhafte Stellen im Kabel entdeckt, die man jedoch leicht auffand und ausbesserte. So hatte das Schiff bis zu Anfang August bereits über 200 deutsche Meilen zurückgelegt, als sich wiederum die Leitung unterbrochen zeigte und die regelmäßig von der irischen Küste abgeschickten Signale ausblieben. Man mußte eine Strecke weit das Kabel wieder aufwinden und zu solchem Zwecke das Schiff halten lassen. Dieser Stillstand war insofern verderblich geworden, als eine heftige Strömung des Meeres das Schiff in einer unheilvollen Richtung von dem Kabel abtrieb. Das letztere erhielt einen gefährlichen Ruck und riß plötzlich vor dem Dynamometer ab, indem es über den Bug des Schiffes zurück in die Tiefe versank. Unbeschreiblich war die Bestürzung aller, welche den Vorfall mit ansahen, und als die Kunde davon sich über das weite Schiff hin verbreitete, bemächtigte sich eine gewaltige Aufregung der Gemüter. Aber ruhig breitet sich der sonnige Meeresspiegel bis zum fernen Horizonte aus, und kein Anzeichen verriet den Ort, wo soeben die großartigsten Hoffnungen ins Grab gesunken waren.

Zwei Dritteile der mühevollen Arbeit waren glücklich vollendet gewesen, und alle Teilnehmer darin einig, die Frucht so vieler Anstrengungen nicht so leichten Kaufes aus der Hand zu geben. Man ging an den Versuch, das Kabel mittels fünfarmiger, an Eisendrahttauen befestigter Anker vom Meeresgrunde wieder heraufzuholen, und bezeichnete die Stelle, von welcher aus das Experiment unternommen werden sollte, mit einer großen, auf einem Flosse ruhenden Boje, welche durch ein ausgeschnittenes langes Stück des Kabelvorrates mittels eines sogenannten Pilzankers auf dem Boden festgehalten wurde. Allein so trefflich auch diese letztere Maßregel sich bewährte, so mühte man sich doch bei der eigentlichen Arbeit des Heraufwindens mittels starken Eisendrahtes, dessen Vorrat wir im Vordergrunde unsres Bildes, mit den Arbeiten zur Wiederaufnahme rc., auf dem „Great Eastern" gelagert sehen, zehn Tage lang in vergeblichen Anstrengungen ab. Dreimal glaubte man wirklich das Kabel gefaßt zu haben, indessen jedesmal zerriß beim Heraufziehen wieder das Tau und sank in die Tiefe des Meeres zurück.

Endlich war aller Vorrat an Eisendrähten für das Heraufwinden erschöpft, und traurigen Herzens kehrte die Expedition am 17. August nach Irland zurück. Obschon nun auch nach diesem Mißerfolge wieder neue Vorschläge zu einer anderweitigen Verbindung zwischen Europa und Amerika auftauchten, so fanden alle derartigen Vorschläge doch bei der siegreichen Zuversicht, mit welcher die Telegraphen-Gesellschaft, von dem endlichen Erfolge ihres Unternehmens überzeugt, dasselbe betrieb, keine Beachtung. Mit wahrhaft bewundernswertem Mute suchten die Interessenten in ungebrochener Energie die ungesäumte Wiederholung der Expedition vorzubereiten.

damaged – faulty

mushroom anchor [illegible]
[illegible]



Der „Great Eastern".

Nicht viel weniger als tausend Meilen Kabelvorrat lagen zwar nutzlos auf dem Boden des Atlantischen Ozeans und 21 Millionen Mark waren ohne einen andern Gewinn verausgabt, als daß man eine neue Reihe erst noch zu verwertender Erfahrungen gemacht und die Möglichkeit erprobt hatte, das Kabel noch aus einer Tiefe von 4000 m zu heben und im Tiefwasser des Ozeans Bojen auszulegen.

Aber diese wie andre Erfahrungen nunmehr zu einem endlichen Erfolge auszubeuten, verlor man keine Zeit und brachte in kurzer Frist wieder ein Kapital von 12 Millionen Mark zusammen. Das neue Kabel ließ man in allen wesentlichen Punkten dem soeben verloren gegangenen Tau ähnlich gestalten und zu gleicher Zeit, um das vorjährige Tau ergänzen zu können, einen weiteren Vorrat von etwa 700 Meilen herstellen. Abgesehen hiervon kam es darauf an, eine zweckmäßige, durch Dampfkraft betreibbare Aufwindemaschine zu konstruieren und eine Anzahl Bojen zu beschaffen, da man den Plan, das vorjährige Kabel, wenn irgend thunlich, zu verwerten, im Auge behielt. Endlich wurden auch in der Zwischenzeit die elektrischen Apparate noch beträchtlich vervollkommt, um mit der äußersten Leichtigkeit etwaige Fehler zu bestimmen oder schadhafte Stellen im Tau nachzuweisen. So konnte sich bereits im nächsten Jahre (1866) der „Great Eastern“ zum zweiten Male auf den Weg machen; er verließ am 13. Juli 1866 Valentia und überbrachte nach einer glücklichen Fahrt von vierzehn Tagen das Ende des ohne erhebliche Störungen versenkten Kabels der jenseitigen Küste. Mit ungeheurem Jubel wurde in Hearts Contentbay in Newfoundland der große Ostenfahrer am 27. Juli bewillkommt.

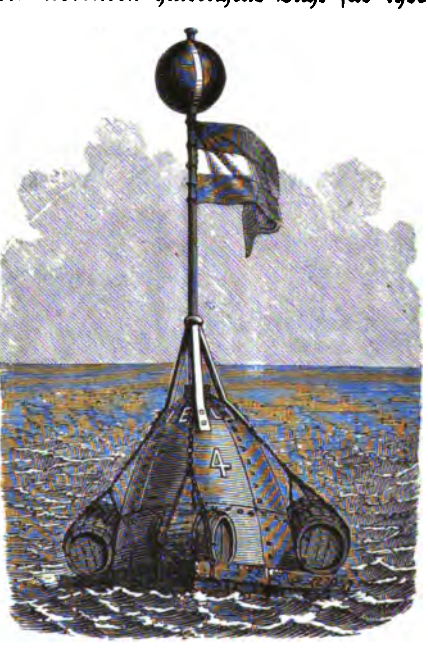
Alsbald flogen die Gratulationsdepeschen zwischen Irland und Newfoundland hin und her, welche zunächst die Direktoren der Kompanie, sodann die Souveräne der beteiligten Staaten auswechselten. Nachdem in wenigen Tagen auch die Verbindung Newfoundlands mit dem amerikanischen Festlande hergestellt war, konnte am 4. August 1866 die transatlantische Linie dem allgemeinen Verkehr übergeben werden. Während man aber in beiden Weltteilen sich noch der Freude über den erreichten glücklichen Erfolg hingab, gingen die ernsten Männer, welche das große Unternehmen zustande gebracht, wieder hinaus in die offene See, um das im Jahre 1865 verlorene Kabel wieder aufzufischen und zu einer zweiten transatlantischen Telegraphenlinie zu ergänzen.

Mitten im weiten Ozean, in einer Tiefe von 3450 m, lag das vorjährige Kabel begraben, und längst waren die an jener Stelle einst verankerten Bojen durch Sturm und Wogen vertrieben; nur astronomische Bestimmung konnte auf die richtige Spur leiten, nur dem zuverlässigen Zusammenwirken aller Kräfte konnte die glückliche Wiederaufnahme des versunkenen Kabels gelingen.

Drei Schiffe sollten in der Richtung der Kabellinie das Tau an verschiedenen Stellen zu fassen suchen, und während das hierdurch gehobene Stück an dem einen Ende gebrochen, an dem andern schwebend erhalten

wurde, sollte das mittlere Schiff das Stück selbst an das Tageslicht heben. Nach vielen vergeblichen Anstrengungen war endlich die günstige Stellung, wie sie die Illustration auf Seite 195 veranschaulicht, erreicht, und man konnte an das Aufwinden gehen. Diese Aufgabe fiel dem „Great Eastern" (Nr. II.) zu, während eine halbe Meile westlich (bei Nr. III.) das Kabel durch das Schiff „Medway" zur Erleichterung des Aufwindens absichtlich gebrochen, etwa drei viertel Meilen östlich aber durch eine Boje mit Greifanker schwebend erhalten wurde.

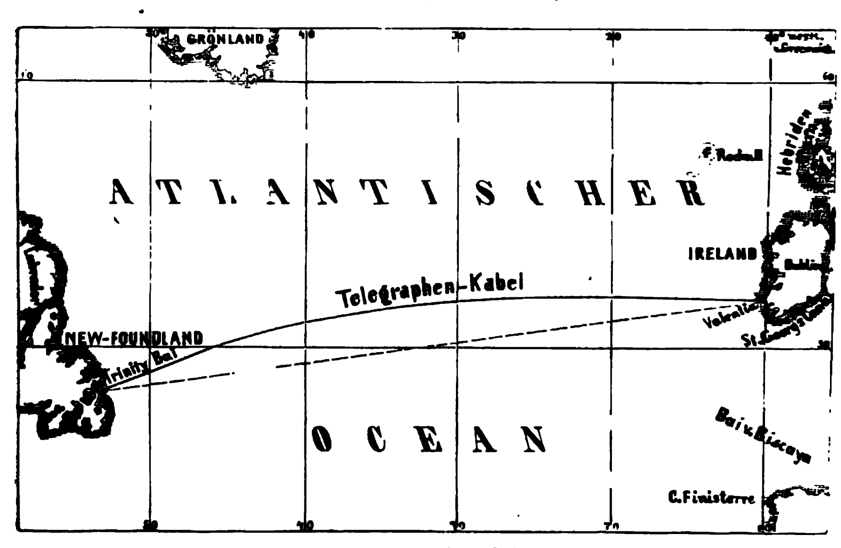
Die Nacht war mild, die See spiegelglatt, und der Mond, welcher sich dann und wann zeigte, gab den Arbeitern hinreichend Licht für ihre Arbeiten. Mit jedem Faden Tau, der auf dem „Great Eastern" über die Trommel gelangte, wuchs die Spannung der gesamten Schiffsmannschaft; als endlich kurz vor 1 Uhr nachts der Rücken des Kabels über dem Wasserspiegel erschien, ging es leise von Mund zu Mund: „Es ist da, es ist da!" Aber kein voreiliger Freudenruf erscholl; die Erfahrung hatte schon wiederholt bewiesen, wie nahe vor dem Gelingen dies große Werk noch an irgend einem unerwarteten Zwischenfalle scheiterte. So befand sich die ganze Mannschaft auf dem Verdeck in allergrößter Spannung; an das Schlafen dachte niemand. Es war beinahe 4 Uhr geworden, ehe man ein hinreichendes Stück des an Bord gewundenen Kabelendes in den Untersuchungsraum schaffen konnte. Alles, was irgend konnte, drängte sich hier zusammen um die Person des Elektrikers Willoughby Smith, der sofort den Kupferdraht des Kabels enthüllt und mit den Instrumenten in Verbindung gebracht hatte. Lautlose Stille herrschte, durch nichts als durch das Ticken des Chronometers unterbrochen.



Boje, den Platz des versenkten Kabels bezeichnend.

Das erste Signal ging nach Valentia, lebhaft flog der Lichtzeiger auf dem Galvanometer hin und her und fiel dann wieder in Ruhe. In tiefem Schweigen harrten alle, aber keine Antwort kam. Fünf lange und bange Minuten verstrichen, da gab der Elektriker ein zweites Signal nach Irland, aber auch diesmal ohne Erfolg. Als nach weiteren fünf Minuten das dritte Signal erfolgte, sah man kaum eine Minute darauf, wie sich der Lichtzeiger,

gleichsam wie aus eignem Antrieb, bewegte: die Rückantwort aus Valentia war eingetroffen, und laute stürmische Freude brach nunmehr aus, Kanonenschüsse erdröhnten, Raketen zischten in den anbrechenden Tag hinein, um die Begleitschiffe zu benachrichtigen. Nachdem dann das aufgefundene Kabelende mit dem vorrätigen Ergänzungsstück zusammengespleißt worden war, setzte sich der „Great Eastern" in der Frühe des 2. September in Bewegung und kam nach einer glücklichen Fahrt, welche nur noch einmal durch das Vorkommen eines jedoch schnell und leicht verbesserten Fehlers unterbrochen wurde, am 8. September an der Küste von Newfoundland an.



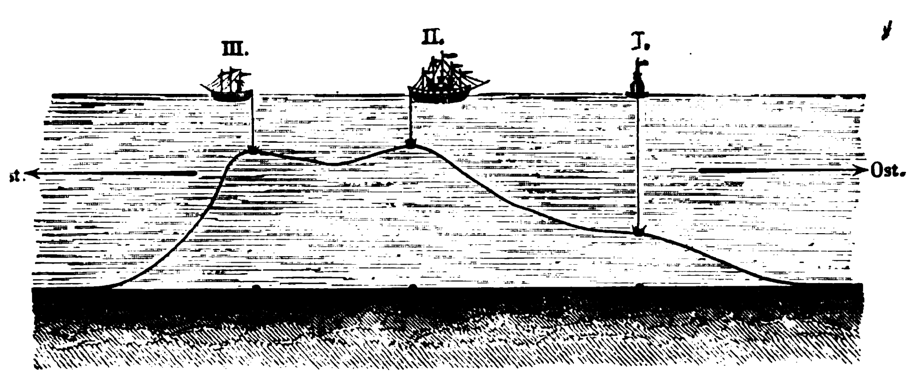
Karte der Route des atlantischen Kabels von 1866.

So war nun das große Ziel erreicht und Europa mit Amerika sogar durch ein doppeltes Band des geistigen Verkehrs verknüpft. Die beiden Kabel, welche auf dem Boden des Ozeans etwa eine halbe Meile von einander abliegend ziemlich die direkte Entfernungslinie zwischen den beiden Küstenpunkten verfolgen, haben einige Jahre vortrefflich gearbeitet und nicht nur zahllose kurze Depeschen, sondern mitunter auch ganze Staatsreden, Schlachtenberichte und andre Aktenstücke befördert. Im Kriegsjahr 1870 aber haben sie beide die Arbeit plötzlich eingestellt, und wäre nicht glücklicherweise schon eine französisch-amerikanische Linie fertig gewesen, so hätte der ganze telegraphische Verkehr, in den alles sich schon so sehr eingelebt, für längere Zeit entbehrt werden müssen.

Seit dem Herbst 1870 mußten alle Depeschen durch das französische Kabel gehen; im Juni 1871 endlich konnte eines der englischen Kabel wieder aufgefischt und repariert und so die alte Linie neu in Gang gesetzt werden.

Das französisch-amerikanische Kabel wurde im Sommer 1869 ausgelegt, ebenfalls vom „Great Eastern"; es geht von Brest aus und endet auf der kleinen französischen Fischerinsel St. Pierre bei Newfoundland. Es ist beträchtlich länger als das zwischen Irland und Newfoundland.

Es erübrigt nun noch, über die Bedienung der unterseeischen Telegraphen das Nötige in kurzen Worten zu sagen. Während man sich in früherer Zeit die elektrischen Ströme, welche ein Viertel des Erdkreises durchlaufen, nicht kräftig genug denken konnte, hat man, freilich mit hohem Lehrgeld, die Erfahrung gemacht, daß gerade die schwächsten Ströme die allein brauchbaren sind. Es werden daher nur ein paar schwache Daniellsche Elemente benutzt. Der Wunder größtes aber ist es gewiß, daß selbst ein Apparat, welcher aus einem zinkenen Fingerhut mit angesäuertem Wasser besteht, in welches ein Kupferdraht taucht, vollkommen ausreichend befunden worden ist, um zwischen Europa und Amerika zu telegraphieren.



Aufholen des zerrissenen Kabels von 1865.

Der zeichengebende Apparat besteht aus der Batterie, dem Stromwender und zwei Drückern, die einzeln gehandhabt werden, und von denen der eine die positiven, der andre die negativen Ströme entsendet. Der Empfangsapparat ist ein kleines, höchst empfindliches Galvanometer, das auf einem gemauerten und mit einer Umfassung umgebenen Pfeiler steht. Ein etwa 2 cm langer Magnet hängt in einem Gewinde von übersponnenem Kupferdraht, das ein paar tausend Umgänge hat. Aus den Ausschlägen der Nadel bilden sich nun die Signale. Um dieselben aber besser beobachten zu können, steht auf der Mitte des Magnets ein winziges Spiegelchen, und eine in einiger Entfernung gegenüber hinter einer Sammellinse aufgestellte Lampe wirft darauf einen hellen Lichtpunkt. Da die Lampe etwas unter der Horizontalebene des Spiegels steht, so wirft dieser seinen Strahl etwas nach oben auf eine durch Schirme dunkel gehaltene Fläche und setzt dort einen Lichtpunkt ab, welcher die Bewegungen der Nadel durch Hin- und Hergehen wiedergibt, und zwar infolge der Entfernung stark vergrößert,

in einem Spielraume von etwa 1 m. Die Mitte dieser Skala ist der Nullpunkt; dort steht das Lichtzeichen, wenn nicht telegraphiert wird. Die Anglo-Amerikaner haben nun neben einem Alphabet auch ein Signalbuch, das eine große Menge Worte und Sätze enthält, welche bloß durch die laufende Ziffer angedeutet werden; die Franzosen begnügen sich mit Morses Alphabet nach der bekannten Regel, daß alle Ausschläge nach der einen Seite Striche, nach der andern Punkte bedeuten. Der empfangende Telegraphist hat vor sich einen laufenden Morse-Apparat mit Handgriff und drückt nach Maßgabe dessen, was ihm die Lichtskala zeigt, Striche und Punkte in den Papierstreifen.

Was die Geschwindigkeit der Sendung elektrischer Signale durch lange und namentlich durch submarine Kabel anbelangt, so hat sich herausgestellt, daß zwischen den einzelnen Signalen um so längere Ruhepausen erforderlich sind, je größere Länge das Kabel hat. Nach jeder für ein Signal erforderlichen Stromentsendung muß sich dies Kabel erst wieder in einer gewissen Zeit entladen, bevor es zur Entsendung eines folgenden Signals empfindlich wird, und die dann folgende Signalsendung erfordert eine frische Ladung des Kabels, worüber abermals eine gewisse Zeit verfließt. Durch gewisse Kunstgriffe hat man die durch diese Erscheinungen herbeigeführten Verzögerungen bedeutend vermindert. Man hat nämlich Vorrichtungen getroffen, um die Entladungen des Kabels zu beschleunigen. Das einfachste, jedoch für sehr lange Unterseeleitungen durchaus nicht ausreichende Mittel besteht darin, daß man nach jeder Stromentsendung die von der Batterie getrennte Leitung in eine gut leitende Verbindung mit der Erde bringt. Ein andres Mittel, welches auch bei der Sprechweise des atlantischen Kabels angewendet wird, erweist sich als noch wirksamer und besteht darin, daß man in dem Zwischenraume zwischen zwei aufeinander folgenden Strömen, wie sie zur Darstellung eines Zeichens in der Reihenfolge mehrerer Signale erforderlich sind, einen Strom von angemessener Dauer in entgegengesetzter Richtung durch das Kabel schickt. Verwendet man z. B. zur Erzeugung der Signale nur positive Ströme und schickt man nach jedem positiven Strome einen negativen Strom von angemessener Stärke und Dauer in die Leitung, so wird diese dadurch rasch entladen und für die Fortpflanzung eines zweiten positiven Stromes dienstbereit gemacht.

Es folgt schon aus diesen Erörterungen, daß, ganz abgesehen von andern Umständen, für den Betrieb einer langen submarinen Linie nur schwache Ströme angewendet werden dürfen, weil diese das Kabel verhältnismäßig schwach laden und daher eine nachherige schnelle Entladung zulassen.

Bei dem atlantischen Kabel beträgt die Verzögerung des elektrischen Stromes zwar noch keine volle Sekunde, doch hat dies auf die Geschwindigkeit der Signale größeren Einfluß, als es auf den ersten Blick scheinen könnte. Eine Verzögerung von einigen Sekunden bei einer von Irland nach Amerika gehenden Depesche würde allerdings gar nicht in Betracht kommen, wenn es sich nur um die Verspätung der ganzen Depesche handelte.

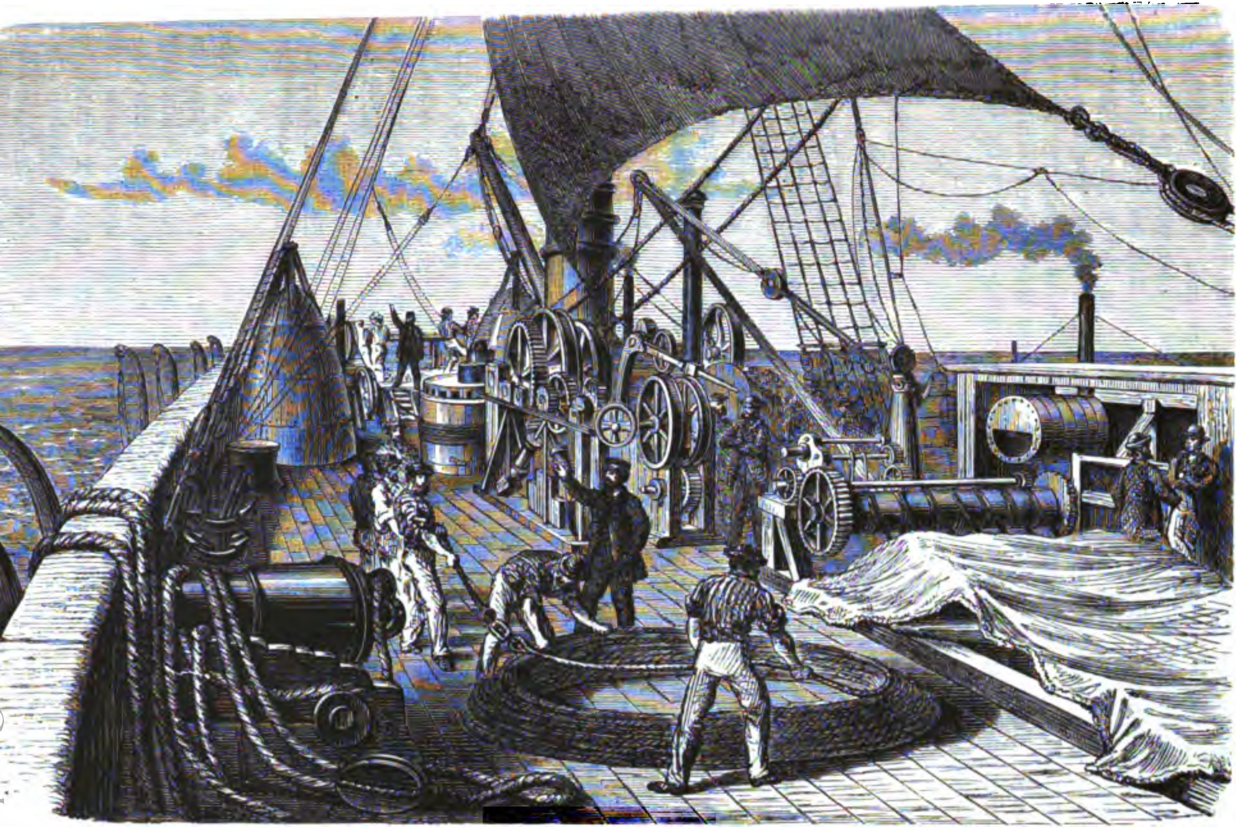
play (scope - elbow-room)

running cipher, figure, dial (Zifferblatt)

commensurability with what

dialect

dialect - language idiom



Aufholen des großen Kabels.

Allein der Nachteil jener Verzögerung macht sich in der Zeitdauer eines jeden einzelnen Elementarzeichens geltend. Gesetzt nämlich, es sollen zwei Morsesche Punkte (vergl. S. 153) oder zwei kurze Magnetnadelausschläge nacheinander gegeben werden, so muß der Taster, welcher bei oberirdischen und bei kurzen Seeleitungen zu diesem Zwecke zweimal sehr rasch nacheinander gedrückt wird, für jeden Punkt etwa eine halbe Sekunde lang niedergedrückt und nach jeder Unterbrechung etwa nur eine halbe Sekunde lang offen bleiben, so daß jedes Elementarzeichen etwa eine ganze Sekunde erfordert. Diese Verzögerung fällt aber bei längeren Depeschen ganz wesentlich ins Gewicht.

Weiterer Ausbau des telegraphischen Weltnetzes.

Die elektrische Telegraphie ist im eigentlichsten Sinne ein Weltinstitut, das endlich den Gedankenaustausch aller zivilisierten Länder der Erde vermitteln soll und durch seine beständige Ausdehnung sich diesem idealen Ziele täglich mehr nähert. Indem die Kabel den Atlantischen Ozean überbrückten, haben sie zugleich die ganzen reichgegliederten Telegraphennetze Nordamerikas und Europas unter sich verbunden. Dies gibt jenseits sofort eine weitere westliche Verlängerung um die ganze Breite Nordamerikas; man telegraphiert ebenso bequem nach San Francisco am Stillen, wie nach New York am Atlantischen Meere. Ferner wird es nicht mehr lange dauern, so dringt eine nördlicher laufende Linie durch die Beringsstraße und verbindet sich mit den Leitungen im russischen Asien, womit dann der magische Ring um die Erde geschlossen ist und drei Weltteile miteinander zu sprechen im stande sind.

England selbst ist durch mehrere Kabel mit dem europäischen Kontinente und durch nicht minder viel Linien mit Amerika verbunden, von denen die längste bis an die brasilianische Küste hinunterreicht. Vier Linien gehen von Europa nach Afrika hinüber, und ein Kabel verbindet Asien mit Australien, so daß also auch dieser Europa fernste Weltteil mittels der über Batavia, Nanking, Nikolajewsk, Irkutsk, Nischnij-Nowgorod, St. Petersburg und weiter bis nach England hinüber reichenden Linie in den telegraphischen Weltverkehr mit eingeschlossen ist.

Die Anzahl der unterseeischen Verbindungen auf der ganzen Erde belief sich 1879 auf 569 Kabel in der Gesamtlänge von 63 990 Seemeilen (= 1/4 geographische Meile), wovon 149 Kabel in einer Gesamtlänge von 57 548 Seemeilen durch Privatgesellschaften und 420 in einer Gesamtlänge von 4442 Seemeilen durch Staatsverwaltungen betrieben wurden. Alle durch unterseeische Linien verbundenen Teile der Landestelegraphennetze haben sich der Zahl dieser Verbindungen entsprechend für den größeren Verkehr entwickelt. Die größte Bedeutung haben die Verbindungen mit Amerika, die auch in der Zahl der Kabel zum Ausdruck kommt.

before

data

consider

"plant" system
"living unit"

commerce, traffic or business,

civilization

Das Telegraphennetz der Erde hat nach den neuesten Angaben der Statistik etwa die folgende Ausdehnung:

Europa	350 000	km Linie
Amerika	180 000	„ „
Asien	45 000	„ „
Australien	30 000	„ „
Afrika	12 000	„ „

Im Deutschen Reiche erachtet man die namhaftesten Verkehrsstrecken mit oberirdischen Drähten bereits überfüllt, so daß man zur Befriedigung der gesteigerten Anforderungen schon dazu geschritten ist, die unterirdischen Verbindungen beträchtlich zu vermehren. Freilich werden damit die Kosten der Anlagen auch bedeutend gesteigert.

Werfen wir noch einen Blick auf den nicht uninteressanten Kostenpunkt der telegraphischen Anlagen.

Die für die Betriebsmittel aufzuwendenden Kosten sind im allgemeinen gering. So beträgt die Anzahl der galvanischen Elemente für den Telegraphenbetrieb des Deutschen Reiches gegenwärtig höchstens 25 000, deren Beschaffungskosten etwa 1 Mark pro Element betragen und deren jährliche Unterhaltung im ganzen sich auf ungefähr 6000 Mark stellt. Was die Leitungen anbetrifft, welche in der Hauptsache aus Stangen, Draht und Isolatoren bestehen, so berechnen sich für das ganze Deutsche Reich die Stangen sämtlicher Linien auf etwa 6 Millionen Mark und die daran befestigten Drähte auf $3^1/_2$ Millionen Mark. Die Unterhaltung der Leitungen erfordert jedoch unverhältnismäßig hohe Kosten.

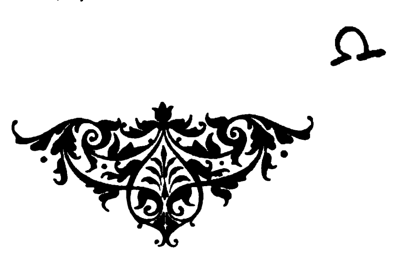
Der einfache vollständige Telegraphier-Apparat kostet etwa 300 Mark, derselbe dient aber sowohl für kurze wie für ausgedehnte Leitungsstrecken, so daß die Kosten dafür im Verhältnis der damit betriebenen Linienlängen gleichfalls nur gering sind.

Selten wohl wird man einen Verkehrs- resp. Betriebszweig finden, in welchem mit so geringen Mitteln so bedeutende Leistungen zu erzielen sind, wie in der Telegraphie. In Geld ist der Wert dieses Verkehrsmittels kaum abzuschätzen; sein Segen erstreckt sich über alle Kreise.

Aus unsern Angaben geht hervor, daß die Aufgabe der Welttelegraphie, d. h. eine vollständige elektrische Umspannung der Erde, durch welche der geistige Verkehr zwischen allen Punkten unsres irdischen Kulturlebens fast mit der Geschwindigkeit des Gedankens ermöglicht wird, immer mehr ihrer Vollendung sich nähert. Schon jetzt sind fast alle Telegraphennetze, die in den einzelnen Ländern, Staatengruppen und Weltteilen bestehen, derart untereinander verbunden, daß von jeder beliebigen Station auf dem Erdball nach jeder andern die telegraphische Korrespondenz ohne Unterbrechung vor sich gehen kann.

Schon im Jahre 1773 schrieb Odier an eine Dame: „Es wird Sie vielleicht amüsieren, zu erfahren, daß ich mich mit gewissen Versuchen beschäftige, durch welche eine Unterhaltung mit dem Kaiser von China, mit

den Engländern oder mit irgend einem andern Volke Europas in solcher Weise ermöglicht wird, daß Sie ohne die geringste Mühe alles, was Sie wünschen, auf 4000 bis 5000 Meilen weit in weniger als einer halben Stunde mitteilen können.“ Wie viele Enttäuschungen mußten aber erst durchgemacht, wie viele neue Erfahrungen erst gewonnen werden, ehe diese Idee in unsern Tagen zur wirklichen Ausführung gelangen konnte! Es ist nicht der zufällige oder glückliche Gedanke eines Einzelnen, nicht das Verdienst oder der Ruhm eines einzigen Mannes, sondern wie bei allen großen und weitgehenden Erfindungen, die in das ganze Leben der Menschheit umgestaltend eingreifen, ist es die emsige, durch lange Jahre fortgesetzte Arbeit mehrerer ausgezeichneter Geister und das vollbewußte Ringen vieler tüchtiger Kräfte mit allen Schwierigkeiten der Naturkraft und Menschenschwäche, wodurch das große Ziel, welches schon vor beinahe hundert Jahren ein wahrhaft wissenschaftlicher Sinn vorausschaute, nunmehr seiner endlicher Vollendung nahe gekommen ist. Bei alledem ist jedoch keine Erfindung, was ihre praktische Verwertung betrifft, so schnell in sich vervollkommt und so rapid über die Erde gegangen, wie das Verkehrsmittel der elektrischen Telegraphie. Im Jahre 1840 kam zum erstenmal der elektrische Telegraph, an der Blackwell-Eisenbahn in England, zur praktischen Anwendung, im Jahre 1843 ließ die Direktion der Rheinischen Eisenbahn bei Aachen die erste kurze Leitung auf deutschem Boden ausführen, 1844 wurde Washington mit Baltimore verbunden, 1845 fand das neue Verkehrsmittel für Gedanken Eingang in Frankreich, 1848 in Holland, 1849 in Belgien, 1851 in Rußland, 1852 in die Schweiz, 1855 in Norwegen. — Und jetzt, nach kaum einem Menschenalter! Heutzutage besteht eine fast unübersehbare Reihe von täglich noch zunehmenden Linien, deren Gesamtlänge wohl neunmal um die Erde reichen würde; ja die meisten dieser Verbindungen haben mindestens eine dreifache Leitung, so daß die ganze Ausdehnung aller eingerichteten Leitungsdrähte fast zwanzigmal unsern Weltkörper umspannen, d. h. beinahe zu einer Bahn hinreichen würde, die von der Erde zum Monde und wieder zurück führt.





Die Erfindung der Photographie.

Der Mensch der neuen Zeit, hat ein geistvoller Mann gesagt, ist ein Geschöpf, das auf dem Dampfe reitet, in den Wolken schwimmt, mit Blitzen schreibt und mit der Sonne malt. Drei dieser wichtigen Errungenschaften, die Anwendung der Dampfkraft, des leichten Gases und der Elektrizität, haben wir bereits unsrer Betrachtung unterzogen und stehen nun an der letzten, der Sonnenmalerei, oder besser Lichtmalerei, denn die Sonne ist dabei nicht unentbehrlich. Es ist ein angeborener Trieb, ja eine Bestimmung des Kulturmenschen, daß er weiter hinausstrebt, als seine natürlichen Kräfte und Leistungen reichen, und solchem unablässigen Streben verdanken wir Erfindungen wie die oben genannten. Was vermag der geschickteste und flinkeste Zeichner im Vergleich zu den Wirkungen des Lichtes! Kann er in Sekunden Porträts, mächtige Dome, an denen Jahrhunderte gemeißelt, ganze Alpengebirge aufs Papier zaubern? Kann er seine Kunst in einen Augenblick zusammenfassen, um Gegenstände sogar trotz ihrer Bewegung abzubilden? Das alles kann er nicht, aber menschenmöglich war es doch, einen kleinen Apparat zu erfinden, mit welchem alles dies beschafft werden kann, und zwar beschafft durch die geheimnisvolle Wirkung des Lichtes. Die alltäglichste Erfahrung lehrt, daß das Licht auf viele Stoffe chemische Wirkungen äußert, die sich durch Farbenveränderungen kundgeben. Unsre gefärbten Kleiderstoffe verbleichen, oft nur zu rasch, im Sonnen- und Tageslichte; im Dunkeln gewachsene blasse Pflanzen werden am Lichte grün, das weiße Chlorsilber wird schwarz u. s. w., und unsre Chemiker kennen noch

eine ganze Menge hierher gehöriger Beispiele. Woraus besteht nun die ganze wunderbare Photographie? Einfach darin: wir sammeln das von dem aufzunehmenden Gegenstande zurückgeworfene Licht zu einem Bilde, lassen dieses auf eine künstlich hergestellte lichtempfindliche Fläche fallen, unterbrechen die Wirkung rechtzeitig und geben durch eine geeignete Behandlung dem empfangenen Bilde Entwickelung und Dauer. So einfach ist die Grundlage der Kunst, aber nicht so leicht die Ausführung. Das Gelingen hängt nicht nur vom richtigen und genauen Verfahren, von größter Reinheit aller gebrauchten Stoffe, sondern zuweilen selbst von nicht erkennbaren Einflüssen ab, so daß Photographen glückliche und unglückliche Tage haben und mit denselben Mitteln bald gute, bald schlechte Erfolge erzielen.

Wie die Dampfmaschine, das Fliegen in der Luft, der elektrische Telegraph, so ist auch die Lichtbildnerei schon in früheren Jahrhunderten geträumt worden, indem einzelnen Leuten vage Ideen davon vorschwebten. Die Erfindung selbst aber gehört ganz der neuen Zeit an. Sie stützt sich auf die Erfindung der Camera obscura, die aber schon lange gemacht war, bevor die Photographie entstand und von ihr Besitz nahm. Die reizend schönen und getreuen Abbilder, welche dieses Instrument und das Sonnenmikroskop von natürlichen Gegenständen auf eine Fläche werfen, mögen den Gedanken an die Lichtbildnerei gar manchem Gelehrten nahe gelegt haben. Jeder, der einmal diese Lichtwirkungen sah, mußte sich sagen, wie schön es doch wäre, wenn diese Bilder auf der matten Glastafel oder dem Papier für immer stehen bleiben könnten. Wedgewood und Davy in England waren die Ersten, welche dahin einschlagende Versuche bekannt machten (1803). Sie tränkten Papier und Leder mit einer Silberlösung und machten darauf Profile, d. h. Schattenbilder, die sie jedoch nicht gegen das Tageslicht unempfindlich zu machen wußten, so daß sie nur bei Lampenlicht besehen werden konnten, wenn nicht endlich das ganze Papier sich bräunen sollte. Erst 1819 fand John Herschel das so lange ersehnte Fixiermittel im unterschwefligsauren Natron. Als die Kunde von Daguerres Entdeckung die Welt durchlief, griff man in aller Ungeduld diese ersten Vorläufer wieder auf, und es kamen in den Kunsthandlungen sogenannte Lichtbilder zum Vorschein, die nichts weniger als interessant waren. Man hatte nämlich auf mit Silberlösung präpariertes Papier Blätter, Moose u. dgl. m. gelegt und dies mit einer Glastafel bedeckt dem Lichte ausgesetzt. Das Produkt waren rohe weiße Abbildungen auf braunem Grunde. Glücklicherweise gaben die Franzosen Probestücke und auch das Geheimnis ihrer Herstellung bald zum besten, und da sah man denn natürlich gleich, daß man es hier mit einer ganz neuen, eben so interessanten als wichtigen Erscheinung zu thun habe. Eine große Erfindung war damals gemacht worden, und daß die Ehre derselben zwei Franzosen zufällt, soll ohne allen Neid anerkannt werden, so sehr auch die Franzosen ihrerseits immer geneigt sind, von andern Nationen gemachte Erfindungen zu übersehen oder zu verkleinern. Die Idee war allerdings schon da, aber nicht diese — die Ausführung macht den Erfinder.

Die Entstehungsgeschichte dieser Erfindung ist ebenfalls eigentümlich und interessant. Zwei Männer, Niepce und Daguerre, unternehmen, ohne voneinander zu wissen, darauf abzielende Versuche und arbeiten mehrere Jahre lang abgesondert; der erstere hat bereits nennenswerte Resultate erreicht, sich aber in sehr umständliche und unsichere Prozeduren verwickelt; der zweite hat noch gar keine besonderen Fortschritte gemacht; als aber beide Männer endlich zusammentreffen, erfaßt dieser mit Begeisterung die Ideen des ersteren und verarbeitet sie zu einem ganz neuen Systeme, nach welchem die so lange gesuchte Kunst nun eine verhältnismäßig leichte und einfache Arbeit geworden ist.

Niepces Versuche gehen bis zum Jahre 1814 zurück. Die Verbindung zwischen ihm und Daguerre schreibt sich von 1829 her; Niepce starb 1833, und 1839 war Daguerre mit der Erfindung so weit, daß er damit hervortreten konnte. Die Regierung kaufte sie gegen eine Leibrente von 6000 Frank für Daguerre und 4000 Frank für Niepces Sohn an und machte sie bekannt als „ein Geschenk für die ganze Welt." Und die Welt begrüßte dieses unerwartete schöne Geschenk mit Staunen und freudigem Jubel.

Daguerres Erfindung beschränkte sich auf die Entwerfung von Bildern auf versilberten Platten, und dieser Zweig der Kunst ist es, der noch jetzt des Urhebers Namen führt, während unter Photographie die Lichtbildnerei auf Papier und die übrigen Stoffe verstanden wird. Die neue Kunst zeigte bei ihrem Hervortreten noch zwei wesentliche Mängel, denen aber bald abgeholfen wurde, denn natürlich war das Interesse und der Fortschrittseifer der Gelehrten und Praktiker aller Länder durch die neue Erscheinung mächtig erregt. Daguerre brauchte noch 20 Minuten zur Aufnahme eines Bildes, daher an Porträtieren u. dgl. nicht zu denken war; da wurde in dem Brom ein so kräftiges Unterstützungsmittel für das Jod gefunden, daß die Empfindlichkeit der Platte nun bis zu einem kaum gehofften Grade gesteigert werden konnte. Dann fehlte es den Bildern an Haltbarkeit; sie waren in dieser Hinsicht dem Staube der Schmetterlingsflügel vergleichbar und verschwanden nach einiger Zeit von selbst, wenn sie nicht unter Glas gelegt wurden. Diesem Fehler half der Chemiker Fizeau ab, indem er die Befestigungsmethode mit Gold ersann.

Nachdem nunmehr die ganze gebildete Welt zum Mitarbeiter geworden war, konnten die weiteren Fortschritte nicht ausbleiben. Stoffe, Mittel und Methoden mehrten sich nun in reißender Schnelligkeit. Bald wurde auch die Lichtbildnerei auf Papier in ernstlichen Versuchen vorgenommen und ausgebildet. Der erste, welcher mit einem brauchbaren Verfahren hervorgetreten, war der Engländer Talbot. Erst durch die Papierbilder konnte die neue Kunst so ungemein populär werden, wie sie es jetzt ist, wo man nur selten noch ein Metallbild zu Gesicht bekommt. Indes behalten diese letzteren doch ein besonderes Interesse, und wo es darauf ankommt, für wissenschaftliche Zwecke einen Gegenstand möglichst genau bis ins kleinste abzubilden, wird von Daguerres Kunst auch noch Gebrauch gemacht.



von Landschaften. In der Vorderwand des Kastens befindet sich ein verschiebbares Rohr mit der Glaslinse. Nach dem Vorhergegangenen würde sich nun das Bild des vor der Linse befindlichen Gegenstandes auf der hinteren Kastenwand verkehrt abbilden; dort aber können wir das Bild weder sehen noch brauchen. Deshalb ist an der Hinterwand ein Spiegel unter einem Winkel von 45 Grad aufgestellt, welcher das Bild auffängt und gerade aufwärts nach k i wirft. Dort ist nämlich der Deckel des Kastens ausgeschnitten und eine mattgeschliffene Glasscheibe eingesetzt. Auf dieser erscheint das Bild so, daß man es ohne weiteres nachzeichnen kann. Der Deckel dient als Blende gegen das Tageslicht, und auch an den beiden Seiten müssen Blenden herabgehen, wenn das Bild schön deutlich erscheinen soll. Die Bilder werden natürlich am schärfsten, wenn der Spiegel genau im Brennpunkte der Linse liegt. Es gibt außerdem noch einige Abänderungen des Apparates; hier können uns indes nur diejenigen interessieren, welche für den Zweck der Lichtbildnerei nötig waren. In diesem letzteren Falle ist der Kasten oben ganz geschlossen, der Spiegel in Wegfall gekommen, die matte Glastafel tritt an die Stelle der Rückwand und ist in eine bewegliche Fassung gesetzt, mit der sie nach Bedürfnis eingestellt, d. h. vor oder rückwärts, der Linse näher oder entfernter geschraubt wird. Ist für die Glastafel die Stelle gefunden, wo der aufzunehmende Gegenstand am schönsten und am schärfsten auf ihr sich abmalt, so hat sie für diesen Fall ihre Dienste gethan und wird aus ihrem Falz seitwärts herausgezogen, denn gerade dahin soll nun die empfindliche Metallplatte zu stehen kommen. Der Künstler muß übrigens mit den Eigenschaften seiner Gläser genau bekannt sein, um auf dieselben beim Einstellen Rücksicht nehmen zu können.

Hat sich der Leser die nachstehend abgebildete, zum Nachzeichnen eingerichtete Camera nach dem Obengesagten in Gedanken dahin abgeändert, daß das Bild nicht nach oben, sondern geradefort nach der Hinterwand geworfen wird, so ist sie, vorausgesetzt daß die Linse im Vorderteil eine gute achromatische Doppellinse ist, nunmehr für den Photographen brauchbar, wenigstens für einen Teil seiner Arbeiten; sie bildet seinen Landschaftsapparat, d. h. sie dient hauptsächlich zur Aufnahme von Landschaften, Baulichkeiten, Denkmälern u. s. w. Solche Apparate haben wegen des einfachen Linsenpaares eine längere Brennweite, d. h. das Bild erzeugt sich ziemlich weit hinter der Linse, ist daher größer, aber eben dadurch auch viel lichtärmer, als wenn es in eine kleinere Fläche zusammengedrängt wäre; es wird also auch eine längere Zeit erforderlich sein, wenn das schwächere Bild auf eine empfindlich gemachte Platte einen genügenden Eindruck hervorbringen soll.

Zur raschen Erzeugung kräftiger Porträts ist daher der Landschaftsapparat im allgemeinen ungeeignet; dafür hat der Photograph seinen Hauptbroterwerber, den Porträtsapparat. Dieser enthält im Kopfe, d. h. im Objektive, nicht eine, sondern zwei achromatische Doppellinsen in einigem Abstande hintereinander, und die Folge dieser Anordnung ist, daß damit eine kürzere Brennweite erreicht, d. h. das einfallende Strahlenbüschel kürzer

zusammengebrochen wird, so daß mithin nahe an der hintersten Linse ein kleineres, aber auch um so lichtkräftigeres Bild erzeugt wird. Im Allgemeinen ist jedoch bei dem Photographieren nicht die Herstellung des optischen, sondern die des chemischen Brennpunktes der Lichtstrahlen die Hauptsache.

Die Arbeit des Daguerreotypisten beginnt mit dem Putzen und Polieren der versilberten Kupferplatte, was immer große Sorgfalt und Mühe erfordert. Hiernach wird der Silberspiegel für das Licht empfänglich gemacht, d. h. es muß eine Schicht auf ihm erzeugt werden, die sich unter Einfluß des Lichtes rasch verändert. Diese Eigenschaft haben vorzüglich die chemischen Verbindungen des Silbers mit Jod, Brom und Chlor, und alle Lichtbildnerei, arbeite man mit Silberplatten oder mit Papier u. dgl., muß mit der Erzeugung einer solchen Verbindung oder zweier zusammen auf der Bildfläche beginnen; der Unterschied ist nur der, daß dies bei den Metallplatten auf trockenem Wege, bei den übrigen Stoffen auf nassem geschieht. Chlor, Jod und Brom sind einfache Naturkörper, d. h. solche, die wir mit unsrer chemischen Kunst nicht weiter zerlegen können. Das Jod findet sich im Meerwasser und geht aus demselben in verschiedene Seegewächse, Schwämme u. dgl., über; es hat im trocknen Zustande etwa das Ansehen von Graphit und einen durchdringenden Geruch. Das Brom hat gleiche Herkunft mit dem Jod und bildet eine braune Flüssigkeit von häßlichem Geruch. Das Chlor ist ein Gas, das wohl jeder durch den Chlorkalk kennt; es bildet einen Hauptbestandteil der Salzsäure und des Kochsalzes. Alle drei Stoffe verbinden sich gern mit dem Silber, mögen sie es gediegen oder in Auflösung antreffen. Doch ist das Jod immer als die Hauptsache, die beiden andern als beschleunigende Hilfsmittel anzusehen. Der starke Geruch dieser Stoffe belehrt uns, daß sie sehr flüchtig sind, d. h. daß fortwährend Teilchen von ihnen freiwillig in die Luft entweichen. Diese Teilchen nennt der Physiker Dämpfe, und insofern ist die Daguerreotypie eine wahre Arbeit mit Dampf.

Die Erzeugung empfindlicher Schichten, das Einbringen derselben in den Lichtkasten, das Wiederherausnehmen und die Arbeiten, welche zum Entwickeln und Festhalten der Bilder dienen, müssen natürlich mit Ausschluß des Tageslichtes geschehen. Der Künstler arbeitete daher früher meist in einem dunklen Raume, der durch eine kleine Lampe oder einen Wachsstock spärlich erleuchtet ist. Bequemer und jetzt meistens gebräuchlich ist ein kleines Fenster mit gelber Glasscheibe. Das gelbe Licht hat so gut wie gar keine chemische Wirkung. Das Jodieren der Silberplatte geschieht gewöhnlich in folgender Weise. Die Platte wird zunächst auf ein Kästchen gelegt, in welchem sich trockenes Jod befindet; die Dauer der Einwirkung

der Joddämpfe auf das Silber muß nach Sekunden markiert werden, denn die erforderliche Zeit ändert sich, je nachdem man Porträts oder Landschaften u. s. w. machen will. Die Platte, die man von Zeit zu Zeit untersucht, läuft nacheinander hellgelb, dunkelgelb, rötlich, kupferig, violett, blau, grün an, und es hängt von Zweck und Methode des Künstlers ab, ob er sie diese ganze Farbenreihe durchlaufen lassen will, oder nicht. Jedenfalls würde die mit bloßem Jod behandelte Platte, wie schon bemerkt, eine zu lange Aufnahmezeit erfordern; sie kommt deshalb, um empfindlicher zu werden, nun auf den Bromkasten. In diesem befindet sich eine Schicht Kalk, in welchen man das flüssige Brom hat einziehen lassen; zuweilen wird auch Chlor damit verbunden. Über den Dämpfen dieser Substanzen durchläuft die Platte eine neue Reihe wechselnder Farben, an denen der Künstler, durch Übung belehrt, sofort erkennen kann, wenn die beste Zeit zum Aufhören gekommen ist. Hierauf kommt die Platte noch einmal für kurze Zeit wieder auf den Jodkasten und ist dann zur Aufnahme bereit. Diese wird gewöhnlich gleich vorgenommen, doch bleibt die Platte, wenn man sie im Dunkeln gut aufbewahrt, auch nach mehreren Stunden selbst noch brauchbar. Soll darauf zur Aufnahme geschritten werden, so muß natürlich die richtige Stellung des Apparates zum Gegenstande und alles sonst Erforderliche schon besorgt sein, so daß bloß die Platte eingeschoben zu werden braucht, welche zu diesem Zwecke in dem dunklen Atelier in den Schieber gelegt wird. Sobald man den Deckel desselben zurückzieht, bleibt die Platte an der Stelle stehen, wo sie den Lichteindruck empfangen soll. Noch ist es aber im Kasten dunkel, denn das Rohr mit dem Objektivglase hat noch die Klappe oder Blende auf. Nunmehr ersieht sich der Künstler seinen Zeitpunkt, und wenn das Original die richtige Stellung hat, der augenblickliche Zustand der Tagesbeleuchtung günstig ist, so öffnet er die Blende, und die geheimnisvolle Arbeit im Kasten beginnt. Die den jedesmaligen Umständen angemessene Sekundenzahl zu treffen, gelingt nur nach langer Erfahrung und Übung und ist eine der Hauptschwierigkeiten dieser Kunst;



Dunkelkammer.

Die Entstehungsgeschichte dieser Erfindung ist ebenfalls eigentümlich und interessant. Zwei Männer, Niepce und Daguerre, unternehmen, ohne voneinander zu wissen, darauf abzielende Versuche und arbeiten mehrere Jahre lang abgesondert; der erstere hat bereits nennenswerte Resultate erreicht, sich aber in sehr umständliche und unsichere Prozeduren verwickelt; der zweite hat noch gar keine besonderen Fortschritte gemacht; als aber beide Männer endlich zusammentreffen, erfaßt dieser mit Begeisterung die Ideen des ersteren und verarbeitet sie zu einem ganz neuen Systeme, nach welchem die so lange gesuchte Kunst nun eine verhältnismäßig leichte und einfache Arbeit geworden ist.

Niepces Versuche gehen bis zum Jahre 1814 zurück. Die Verbindung zwischen ihm und Daguerre schreibt sich von 1829 her; Niepce starb 1833, und 1839 war Daguerre mit der Erfindung so weit, daß er damit hervortreten konnte. Die Regierung kaufte sie gegen eine Leibrente von 6000 Frank für Daguerre und 4000 Frank für Niepces Sohn an und machte sie bekannt als „ein Geschenk für die ganze Welt.“ Und die Welt begrüßte dieses unerwartete schöne Geschenk mit Staunen und freudigem Jubel.

Daguerres Erfindung beschränkte sich auf die Entwerfung von Bildern auf versilberten Platten, und dieser Zweig der Kunst ist es, der noch jetzt des Urhebers Namen führt, während unter Photographie die Lichtbildnerei auf Papier und die übrigen Stoffe verstanden wird. Die neue Kunst zeigte bei ihrem Hervortreten noch zwei wesentliche Mängel, denen aber bald abgeholfen wurde, denn natürlich war das Interesse und der Fortschrittseifer der Gelehrten und Praktiker aller Länder durch die neue Erscheinung mächtig erregt. Daguerre brauchte noch 20 Minuten zur Aufnahme eines Bildes, daher an Porträtieren u. dgl. nicht zu denken war; da wurde in dem Brom ein so kräftiges Unterstützungsmittel für das Jod gefunden, daß die Empfindlichkeit der Platte nun bis zu einem kaum gehofften Grade gesteigert werden konnte. Dann fehlte es den Bildern an Haltbarkeit; sie waren in dieser Hinsicht dem Staube der Schmetterlingsflügel vergleichbar und verschwanden nach einiger Zeit von selbst, wenn sie nicht unter Glas gelegt wurden. Diesem Fehler half der Chemiker Fizeau ab, indem er die Befestigungsmethode mit Gold ersann.

Nachdem nunmehr die ganze gebildete Welt zum Mitarbeiter geworden war, konnten die weiteren Fortschritte nicht ausbleiben. Stoffe, Mittel und Methoden mehrten sich nun in reißender Schnelligkeit. Bald wurde auch die Lichtbildnerei auf Papier in ernstlichen Versuchen vorgenommen und ausgebildet. Der erste, welcher mit einem brauchbaren Verfahren hervorgetreten, war der Engländer Talbot. Erst durch die Papierbilder konnte die neue Kunst so ungemein populär werden, wie sie es jetzt ist, wo man nur selten noch ein Metallbild zu Gesicht bekommt. Indes behalten diese letzteren doch ein besonderes Interesse, und wo es darauf ankommt, für wissenschaftliche Zwecke einen Gegenstand möglichst genau bis ins kleinste abzubilden, wird von Daguerres Kunst auch noch Gebrauch gemacht.

Ehe wir nun die einzelnen Methoden der Lichtbildnerei durchgehen, wollen wir zuvor das Hauptwerkzeug des Photographen, die Camera obscura, etwas näher ansehen. Dieser lateinische Ausdruck bedeutet dunkle Kammer; ein geschickter Physiker, Porta in Neapel, erfand das Instrument um die Mitte des 16. Jahrhunderts. Denken wir uns einen Augenblick in eine wirkliche dunkle Kammer, d. h. in die Kammer eines Hauses, deren Fenster durch einen Laden gegen das Tageslicht bis auf ein rundes Loch von etwa $2^1/_2$ cm Größe dicht verschlossen ist. Wie wird es sich bei einer solchen Einrichtung mit dem durch das Loch einfallenden Tageslicht verhalten? Es wird sich auf der gegenüber befindlichen Wand, je nachdem sie mehr oder weniger vom Fenster abliegt, eine größere oder kleinere helle Stelle zeigen, in welcher sich alle dem Fenster gegenübergelegenen oder sich vorbei bewegenden Gegenstände in ihren natürlichen Formen und Farben, jedoch in umgekehrter Stellung, zierlich abbilden. Erweitert man das Loch immer mehr, so wird jene erleuchtete Stelle immer heller, aber die Bilder werden immer verschwommener und blässer und verschwinden endlich ganz im weißen Lichte. Setzt man nun aber in das drei- bis vierfach vergrößerte Loch ein linsenförmig geschliffenes Glas, so kommen die Bilder um so viel kräftiger und schärfer wieder zum Vorschein. Um diese Erscheinungen zu begreifen, muß man sich nur vergegenwärtigen, daß unser Auge ebenfalls eine wirkliche Camera obscura ist, und daß wir die Außendinge nur dadurch sehen können, daß sie von allen Punkten und nach allen Richtungen hin Lichtstrahlen zurückwerfen, und zwar von solcher Färbung, wie sie eben der Natur des zurückwerfenden Stoffes entspricht. Die umgekehrte Stellung der Bilder ist ebenfalls unschwer zu begreifen, sobald man nur festhält, daß jeder Punkt eines Körpers nach allen Richtungen hin Licht zurückwirft und die Lichtstrahlen immer geradlinig durch die Luft gehen. Laufen nun die Strahlen in der Lichtöffnung zusammen, so ist es klar, daß sie in weiterem geradlinigen Fortgange im Innern wieder auseinander laufen müssen; daher fällt der tiefste von einem Gegenstande ausgesendete Strahl im Innern zu oberst und umgekehrt, aus links wird rechts und aus rechts links, mit einem Worte, das innere Abbild ist ein völlig umgekehrtes. Durch Einsetzung der Linse in die Camera gewinnen die Bilder an Kraft und Deutlichkeit, weil nun die Lichtöffnung größer ist und also mehr Lichtstrahlen in einen Punkt zusammengeführt und für die Erzeugung des Bildes nutzbar gemacht werden. Die Umkehrung der Bilder wird indes dadurch nicht aufgehoben.

Auf Messen und Märkten hat man zuweilen Gelegenheit, eine größere Camera obscura zu sehen, welche die Vorgänge der äußeren Umgebung auf die zierlichste Weise auf einem Tische zur Erscheinung bringt. Hier wird das lebendige Bild durch einen im halben rechten Winkel (45 Grad) geneigten Spiegel aufgefangen und von diesem durch ein mit Linsen versehenes Rohr abwärts gesendet. Die tragbar Camera obscura dagegen, wie unser Bild zeigt, bildet einen verhältnismäßig kleinen, rundum geschlossenen und inwendig schwarz gestrichenen Kasten und diente früherhin hauptsächlich zur Aufnahme

von Landschaften. In der Vorderwand des Kastens befindet sich ein verschiebbares Rohr mit der Glaslinse. Nach dem Vorhergegangenen würde sich nun das Bild des vor der Linse befindlichen Gegenstandes auf der hinteren Kastenwand verkehrt abbilden; dort aber können wir das Bild weder sehen noch brauchen. Deshalb ist an der Hinterwand ein Spiegel unter einem Winkel von 45 Grad aufgestellt, welcher das Bild auffängt und gerade aufwärts nach k i wirft. Dort ist nämlich der Deckel des Kastens ausgeschnitten und eine mattgeschliffene Glasscheibe eingesetzt. Auf dieser erscheint das Bild so, daß man es ohne weiteres nachzeichnen kann. Der Deckel dient als Blende gegen das Tageslicht, und auch an den beiden Seiten müssen Blenden herabgehen, wenn das Bild schön deutlich erscheinen soll. Die Bilder werden natürlich am schärfsten, wenn der Spiegel genau im Brennpunkte der Linse liegt. Es gibt außerdem noch einige Abänderungen des Apparates; hier können uns indes nur diejenigen interessieren, welche für den Zweck der Lichtbildnerei nötig waren. In diesem letzteren Falle ist der Kasten oben ganz geschlossen, der Spiegel in Wegfall gekommen, die matte Glastafel tritt an die Stelle der Rückwand und ist in eine bewegliche Fassung gesetzt, mit der sie nach Bedürfnis eingestellt, d. h. vor oder rückwärts, der Linse näher oder entfernter geschraubt wird. Ist für die Glastafel die Stelle gefunden, wo der aufzunehmende Gegenstand am schönsten und am schärfsten auf ihr sich abmalt, so hat sie für diesen Fall ihre Dienste gethan und wird aus ihrem Falz seitwärts herausgezogen, denn gerade dahin soll nun die empfindliche Metallplatte zu stehen kommen. Der Künstler muß übrigens mit den Eigenschaften seiner Gläser genau bekannt sein, um auf dieselben beim Einstellen Rücksicht nehmen zu können.

Hat sich der Leser die nachstehend abgebildete, zum Nachzeichnen eingerichtete Camera nach dem Obengesagten in Gedanken dahin abgeändert, daß das Bild nicht nach oben, sondern geradefort nach der Hinterwand geworfen wird, so ist sie, vorausgesetzt daß die Linse im Vorderteil eine gute achromatische Doppellinse ist, nunmehr für den Photographen brauchbar, wenigstens für einen Teil seiner Arbeiten; sie bildet seinen Landschaftsapparat, d. h. sie dient hauptsächlich zur Aufnahme von Landschaften, Baulichkeiten, Denkmälern u. s. w. Solche Apparate haben wegen des einfachen Linsenpaares eine längere Brennweite, d. h. das Bild erzeugt sich ziemlich weit hinter der Linse, ist daher größer, aber eben dadurch auch viel lichtärmer, als wenn es in eine kleinere Fläche zusammengedrängt wäre; es wird also auch eine längere Zeit erforderlich sein, wenn das schwächere Bild auf eine empfindlich gemachte Platte einen genügenden Eindruck hervorbringen soll.

Zur raschen Erzeugung kräftiger Porträts ist daher der Landschaftsapparat im allgemeinen ungeeignet; dafür hat der Photograph seinen Hauptbroterwerber, den Porträtsapparat. Dieser enthält im Kopfe, d. h. im Objektive, nicht eine, sondern zwei achromatische Doppellinsen in einigem Abstande hintereinander, und die Folge dieser Anordnung ist, daß damit eine kürzere Brennweite erreicht, d. h. das einfallende Strahlenbüschel kürzer

zusammengebrochen wird, so daß mithin nahe an der hintersten Linse ein kleineres, aber auch um so lichtkräftigeres Bild erzeugt wird. Im Allgemeinen ist jedoch bei dem Photographieren nicht die Herstellung des optischen, sondern die des chemischen Brennpunktes der Lichtstrahlen die Hauptsache.

Die Arbeit des Daguerreotypisten beginnt mit dem Putzen und Polieren der versilberten Kupferplatte, was immer große Sorgfalt und Mühe erfordert. Hiernach wird der Silberspiegel für das Licht empfänglich gemacht, d. h. es muß eine Schicht auf ihm erzeugt werden, die sich unter Einfluß des Lichtes rasch verändert. Diese Eigenschaft haben vorzüglich die chemischen Verbindungen des Silbers mit Jod, Brom und Chlor, und alle Lichtbildnerei, arbeite man mit Silberplatten oder mit Papier u. dgl., muß mit der Erzeugung einer solchen Verbindung oder zweier zusammen auf der Bildfläche beginnen; der Unterschied ist nur der, daß dies bei den Metallplatten auf trockenem Wege, bei den übrigen Stoffen auf nassem geschieht. Chlor, Jod und Brom sind einfache Naturkörper, d. h. solche, die wir mit unsrer chemischen Kunst nicht weiter zerlegen können. Das Jod findet sich im Meerwasser und geht aus demselben in verschiedene Seegewächse, Schwämme u. dgl., über; es hat im trocknen Zustande etwa das Ansehen von Graphit und einen durchdringenden Geruch. Das Brom hat gleiche Herkunft mit dem Jod und bildet eine braune Flüssigkeit von häßlichem Geruch. Das Chlor ist ein Gas, das wohl jeder durch den Chlorkalk kennt; es bildet einen Hauptbestandteil der Salzsäure und des Kochsalzes. Alle drei Stoffe verbinden sich gern mit dem Silber, mögen sie es gediegen oder in Auflösung antreffen. Doch ist das Jod immer als die Hauptsache, die beiden andern als beschleunigende Hilfsmittel anzusehen. Der starke Geruch dieser Stoffe belehrt uns, daß sie sehr flüchtig sind, d. h. daß fortwährend Teilchen von ihnen freiwillig in die Luft entweichen. Diese Teilchen nennt der Physiker Dämpfe, und insofern ist die Daguerreotypie eine wahre Arbeit mit Dampf.

Die Erzeugung empfindlicher Schichten, das Einbringen derselben in den Lichtkasten, das Wiederherausnehmen und die Arbeiten, welche zum Entwickeln und Festhalten der Bilder dienen, müssen natürlich mit Ausschluß des Tageslichtes geschehen. Der Künstler arbeitete daher früher meist in einem dunklen Raume, der durch eine kleine Lampe oder einen Wachsstock spärlich erleuchtet ist. Bequemer und jetzt meistens gebräuchlich ist ein kleines Fenster mit gelber Glasscheibe. Das gelbe Licht hat so gut wie gar keine chemische Wirkung. Das Jodieren der Silberplatte geschieht gewöhnlich in folgender Weise. Die Platte wird zunächst auf ein Kästchen gelegt, in welchem sich trockenes Jod befindet; die Dauer der Einwirkung

der Joddämpfe auf das Silber muß nach Sekunden markiert werden, denn die erforderliche Zeit ändert sich, je nachdem man Porträts oder Landschaften u. s. w. machen will. Die Platte, die man von Zeit zu Zeit untersucht, läuft nacheinander hellgelb, dunkelgelb, rötlich, kupferig, violett, blau, grün an, und es hängt von Zweck und Methode des Künstlers ab, ob er sie diese ganze Farbenreihe durchlaufen lassen will, oder nicht. Jedenfalls würde die mit bloßem Jod behandelte Platte, wie schon bemerkt, eine zu lange Aufnahmezeit erfordern; sie kommt deshalb, um empfindlicher zu werden, nun auf den Bromkasten. In diesem befindet sich eine Schicht Kalk, in welchen man das flüssige Brom hat einziehen lassen; zuweilen wird auch Chlor damit verbunden. Über den Dämpfen dieser Substanzen durchläuft die Platte eine neue Reihe wechselnder Farben, an denen der Künstler, durch Übung belehrt, sofort erkennen kann, wenn die beste Zeit zum Aufhören gekommen ist. Hierauf kommt die Platte noch einmal für kurze Zeit wieder auf den Jodkasten und ist dann zur Aufnahme bereit. Diese wird gewöhnlich gleich vorgenommen, doch bleibt die Platte, wenn man sie im Dunkeln gut aufbewahrt, auch nach mehreren Stunden selbst noch brauchbar. Soll darauf zur Aufnahme geschritten werden, so muß natürlich die richtige Stellung des Apparates zum Gegenstande und alles sonst Erforderliche schon besorgt sein, so daß bloß die Platte eingeschoben zu werden braucht, welche zu diesem Zwecke in dem dunklen Atelier in den Schieber gelegt wird. Sobald man den Deckel desselben zurückzieht, bleibt die Platte an der Stelle stehen, wo sie den Lichteindruck empfangen soll. Noch ist es aber im Kasten dunkel, denn das Rohr mit dem Objektivglase hat noch die Klappe oder Blende auf. Nunmehr ersieht sich der Künstler seinen Zeitpunkt, und wenn das Original die richtige Stellung hat, der augenblickliche Zustand der Tagesbeleuchtung günstig ist, so öffnet er die Blende, und die geheimnisvolle Arbeit im Kasten beginnt. Die den jedesmaligen Umständen angemessene Sekundenzahl zu treffen, gelingt nur nach langer Erfahrung und Übung und ist eine der Hauptschwierigkeiten dieser Kunst;



Dunkelkammer.

es kann bald des Guten zu viel, bald zu wenig geschehen. Jedenfalls wird der Künstler nach kurzer Zeit sein Glas wieder schließen, die durch Vorstecken des Schiebers für das Licht unzugänglich gemachte Platte wieder herausziehen und in sein dunkles Atelier tragen. Hier, mit dem Wachsstock beleuchtet, wird sie noch ziemlich dasselbe Ansehen zeigen als vorher; von einem Bilde ist gar nichts oder nur eine sehr leise Andeutung zu sehen. Nun kommt aber das Merkwürdigste, die Sichtbarmachung des Bildes durch Quecksilber. In einem hölzernen Kasten befindet sich auf dem unteren kupfernen Boden ein wenig dieses Metalles; die Platte wird in etwa fußhoher Entfernung mit der Bildseite nach unten schräg eingestellt und der Deckel geschlossen. Da das Quecksilber in jeder Temperatur ebenfalls freiwillig verdunstet, so würde vielleicht in ein paar Tagen das Bild ganz von selbst fertig werden.

Man will aber solange nicht warten und stellt daher unter den Kasten eine brennende Lampe. Die Hitze treibt nun die unsichtbaren Quecksilberdämpfe reichlich in die Höhe. In der Seitenwand des Kastens, nahe bei dem Lager der Platte, befindet sich ein Glasfenster, durch das man hineinleuchten und das Entstehen des Bildes verfolgen kann. Da sieht es nun aus, als wenn ein Geist sich das Vergnügen machte, mit unsichtbarem Pinsel uns etwas zu malen; wir sehen das immer stärkere Hervortreten der Züge, gleichsam als ob das Bild aus dem Grunde herauswüchse, aber wer nicht vorher über den Zusammenhang der Sache unterrichtet ist, kann sich unmöglich denken, wie das zugehen möge. Lassen wir die wirkenden Kräfte gewähren, so pinseln sie allerdings so lange fort, bis nur noch eine unförmliche Kleckserei auf der Platte zu sehen ist, und darum kommt es darauf an, daß der Mensch, der eigentlich schaffende Geist, diesen bewußtlosen Dienern zu rechter Zeit Halt gebiete. Man nimmt also die Platte weg, sobald sie vollendet scheint. Das Bild, welches sie aufgenommen hat, besteht nun aus nichts anderm, als unsichtbar feinen Quecksilbertröpfchen. Welche Arbeit that aber nun das Licht hierbei? Es bewirkte, in den hellen Stellen des Bildes mehr, in den dunkleren nach Verhältnis weniger, eine Zersetzung der lichtempfindlichen Schicht, infolge deren den Quecksilberteilchen die Möglichkeit verschafft wurde, sich an das Silber anzuhängen. Die dunklen Stellen erlitten dabei gar keine Veränderung. Kommt nun die Platte in ein Bad von unterschwefligsaurem Natron, so löst dieses alles noch unzersetzte Jodsilber und legt das blanke Silber frei, welches nun den dunklen Hintergrund bildet für das in verschiedenen Tönen von Weiß und Grau hervortretende Bild. Dieses Bild aber liegt nur auf der Platte wie der Staub auf Schmetterlingsflügeln; es verträgt keine Berührung, und wenn man es nicht bald sicher unter Glas bringt, so verduftet es nach und nach ganz und gar. Diesen Mängeln wurde jedoch bald abgeholfen durch Fizeaus Vergoldungsmethode, welche einfach darin besteht, daß man die Platte wagerecht auf ein eisernes Gestell legt, sie mit einer Schicht verdünnter Goldlösung (Chlorgold) bedeckt und die Flüssigkeit mit einer

untergesetzten starken Spiritusflamme rasch zum Kochen bringt. Sowie das Blasenwerfen beginnt, sieht man das Bild auch schon einen klareren und wärmeren Farbenton annehmen, denn das Chlor des Chlorgoldes wirft sich auf das ihm mehr zusagende Silber, das Gold wird somit metallisch ausgeschieden und bildet eine äußerst feine schützende Decke über dem entstehenden Bilde. Der Fortgang dieser Operation würde aber nicht Erhaltung, sondern Zerstörung sein; darum darf sie überhaupt nur wenige Augenblicke dauern, worauf man die Platte mit einem Ruck in ein Gefäß mit reinem Wasser wirft. Sie verträgt nach dieser Behandlung das Abwischen und nicht allzugrobe Berührung.

Von den vergoldeten Bildern lassen sich auch durch die Galvanoplastik beliebig viel Kopien abnehmen, ohne daß die Originale darunter leiden.

Anscheinend ganz verschieden, doch auf denselben Voraussetzungen ruhend, stellt sich die speziell sogenannte Photographie auf Papier, Glas u. s. w. dar. Sie erreicht ihren Zweck durchweg auf nassem Wege, d. h. die wirksamen Stoffe begegnen sich hier nicht als Dämpfe, sondern in Auflösungen. Immer ist es aber wieder das Silber, das in seinen Verbindungen mit Jod, Chlor und Brom die Hauptrolle spielt. Indem diese Verbindungen sich im Lichte zersetzen, wird metallisches Silber in feinster Verteilung ausgeschieden und liefert den Zeichenstoff, gleichsam die Tusche zu den photographischen Bildern, wie bei den Daguerreschen Bildern das Quecksilber diesen Dienst verrichtete.

Da aber alle lichtempfindlichen Substanzen sich im Lichte schwärzen oder bräunen und man keinen für die Photographie tauglichen Stoff kennt, der ursprünglich dunkel wäre und im Lichte hellfarbig würde, so kann man auch nicht erwarten, sogleich ein richtiges Bild aus dem Apparate hervorgehen zu sehen. Vielmehr muß das Papier die hellsten Bildpartien, da in ihnen das Licht am stärkften gewirkt, am dunkelsten zeigen, während die stärkften Schatten ganz ungefärbt bleiben. Eine solche Wiedergabe ist aber gar kein Bild im gewöhnlichen Sinne, und auch der Künstler nennt es nur ein negatives. Ein solches Negativ, wenn es fertig und durch geeignete Behandlung unveränderlich geworden ist, kann aber zur Erzeugung beliebig vieler Gegenbilder benutzt werden, in denen Licht und Schatten, sowie die Stellung der abgebildeten Gegenstände ganz der Natur entsprechend sind. Dieses sind die positiven oder eigentlichen Bilder. Man braucht zu ihrer Herstellung keine Camera obscura weiter, sondern nur einen Kopierrahmen.

Will man demnach von einem negativen Bilde positive Kopien abnehmen, so wird man im Dunkeln ein empfindliches Blatt in den Kopierrahmen und das negative Bild mit der Bildseite darauf legen, die Blätter mit einer Glastafel beschweren und den Rahmen dem Lichte aussetzen. Das Licht durchdringt das obere Blatt oder die statt seiner angewandte Glasplatte an den freien Stellen am leichtesten, an den dunkelsten gar nicht und in den Mitteltönen je nach Verhältnis, und es entsteht so auf

dem unteren Blatte das gewünschte positive Abbild, das man nur zu fixieren braucht. Da das negative Original durch das Kopieren gar nicht leidet, so kann man begreiflicherweise Hunderte von Kopien erzeugen, gute und schlechte, denn ganz gleichförmig fallen sie keinesfalls aus. Um die Lichtwirkung auf dem unten liegenden Blatte zu verfolgen, dient das einfache Mittel, daß man demselben eine etwas größere Breite als dem negativen Blatte gibt; auf dem vorstehenden Rande kann man dann die Übergänge in Grau, Lila, Tintenblau, Schwarz, Braun u. s. w. ganz bequem beobachten. Unter Licht ist Tageslicht zu verstehen, am liebsten, wie es vom heiteren Himmel kommt. Der Sonnenschein selbst wird gemieden oder höchstens in Ausnahmefällen in Anspruch genommen.

Wir nahmen einstweilen an, das negative Bild, gewissermaßen die Druckform für die positiven, sei ein papierenes. Aber selbst wenn das Papier durch Tränken mit Wachs u. dgl. durchsichtiger gemacht wäre, würde es als ein zu roh gefügter Körper doch immer dem Durchgange des Lichtes noch viel Widerstand entgegensetzen; überdies würden alle Unreinheiten und Ungleichheiten der Papiermasse sich auch auf der Kopie bemerklich machen; kurz solche Kopien könnten nicht anders als mangelhaft ausfallen. Man hat daher frühzeitig nach einem passenderen Träger für das negative Bild gesucht. Reines Glas wäre hinsichtlich der Durchsichtigkeit erwünscht, doch müßte es zugleich die Fähigkeit besitzen, die chemischen Flüssigkeiten einzusaugen und die Zersetzungsprodukte derselben festzuhalten; es mußte also das Glas einen feinen Überzug erhalten, und hierzu fanden sich zwei sehr geeignete Stoffe: zuerst das durch Schaumschlagen geklärte Eiweiß und in der Folge das Kollodium. Letzteres besteht aus in Schwefeläther und Weingeist gelöster Schießbaumwolle und ist eine schleimige, helle Flüssigkeit, die in dünnen Schichten sehr rasch trocknet und ein durchsichtiges Häutchen hinterläßt. Hiermit war man nun an dem gewünschten Ziele angekommen, und es lassen sich nun mittels der angegebenen Mittel positive Bilder von außerordentlicher Schärfe und Zartheit erzielen. Papierene Negative, wozu das Papier mit Wachs getränkt wird, kommen indes auch oft in Anwendung, da sie wohlfeiler und nicht zerbrechlich sind.

Nehmen wir an, daß ein Negativ mittels Kollodium auf Glas zu erzeugen ist, so werden Jodkalium oder andre Jod- und Bromverbindungen in weingeistiger Lösung gleich zu dem Kollodium gemischt, hiermit eine reine Glasplatte übergossen und das Überflüssige abgeschüttet. Nach Verdunstung der Lösungsmittel bleibt auf dem Glase ein äußerst feines durchsichtiges Häutchen zurück. Soll nun die Aufnahme erfolgen, so stellt man die Platte in ein Bad, das in der Hauptsache eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd ist, dem als Höllenstein bekannten Salz. Im Bade vollzieht sich in wenigen Minuten eine doppelte Zersetzung und Neuverbindung der chemischen Stoffe: Silber und Jod resp. Brom sind direkt zu lichtempfindlichem Jod- und Bromsilber zusammengetreten, welches an dem Kollodiumhäutchen festsitzt. Nachdem nun die Platte mit destilliertem Wasser

gut gewaschen ist — alle diese Arbeiten natürlich in der Dunkelkammer — kann sie sogleich noch naß in den Rahmen gelegt und in den Apparat gebracht werden und ist in diesem Zustande am empfindlichsten. Mit einiger Abänderung kann man aber auch empfindliche Blätter für längere Zeit in Vorrat machen, die man im Dunkeln aufhebt und dann trocken verwendet. Sie sind jedoch etwas weniger empfindlich als die nassen.

Es kann nunmehr die Aufnahme im Apparate bereits erfolgt sein, und wir wollen uns das Blatt vom Künstler in der Dunkelkammer zeigen lassen.



Das Innere eines Glashauses.

Wahrscheinlich ist von einem Bilde keine Spur zu sehen — sollte die Sache mißglückt sein? Doch wir erinnern uns, daß ja bei der Aufnahme auf Silberplatten ein ähnliches Verhältnis stattfand, und so warten wir ruhig das weitere ab. Das Blatt kommt nun in das zweite Bad, wo andre Substanzen die Arbeit des Lichtes beenden werden, wo also das Bild sich bis zur Sichtbarkeit entwickeln soll. Diese Substanzen können, wie gesagt, sehr viele sein; in dem Bade befindet sich vielleicht Essig, Eisenvitriol, Pyrogallussäure, Cyankalium u. s. w., alles Stoffe, welche, wie der Chemiker sagt, reduzierend wirken, d. h. das Silber in den metallischen Zustand zurückführen. Nur die Essigsäure spielt eine andre Rolle; sie wirkt mäßigend, wie eine Art Regulator, daß die chemischen Vorgänge sich nicht überstürzen. Die auf dem Boden der Wanne liegende Platte fängt nun langsam an sich zu färben; zuerst werden die dunkelsten Partien des

Bildes sichtbar, anfänglich nur hier und da wie Flecken; nach und nach kommen die feineren Teile zum Vorschein, und endlich verschwindet das ganze Bild unter einer allgemeinen schwarzen Färbung, so daß es gänzlich zerstört zu sein scheint; untersucht man aber das Blatt gegen das Licht, so findet man, daß das Bild in seiner ganzen Klarheit dennoch vorhanden ist. Ein zu langer Aufenthalt im Entwickelungsbade würde indes verderblich werden; man nimmt es also zur rechten Zeit heraus, wäscht es tüchtig mit vielem Wasser und bringt es endlich in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron, was bei Tageslicht geschehen kann. Diese Substanz löst, wie wir wissen, alle vom Lichte nicht getroffenen Teilchen der verschiedenen Silberverbindungen auf, und das Bild tritt nunmehr klar hervor.



Negativ.

Den Beschluß davon macht wieder ein lang anhaltendes Wässern und Trocknen. Diese Arbeiten sind natürlich die nämlichen, wenn man es mit positiven Bildern, die im Kopierrahmen erzeugt werden, zu thun hat. Das Kopieren geschieht entweder, und zwar meistens, unter Mitanwendung von Chlorsilber, auf solche Weise, daß das Bild im Rahmen ganz entwickelt wird, oder man läßt auch den Prozeß nur beginnen und endet ihn im Entwickelungsbade.

Die Anwendung des Eiweißes oder Albumins ist der des Kollodium gleich, nur brauchen die Eiweißblätter eine längere Trockenzeit und müssen schließlich rasch erhitzt werden, damit das Eiweiß unlöslich wird.

Es versteht sich von selbst, daß man zu den positiven Bildern sowohl Papier als auch wieder Kollodium- und Eiweißblätter nehmen kann. Die Bilder auf Eiweißpapier sind die gebräuchlichsten, wenigstens für Porträte und die übrige so massenhaft auftretende Marktware. Es wird nun freilich bei allem Fortschritt nur ausnahmsweise vorkommen, daß ein solches Bild so vollkommen, wie es dem Maler genügen könnte, aus dem Apparate kommt. Was daher in Hinsicht der Harmonie u. s. w. noch fehlt, muß von geschickter Hand mit dem Pinsel nachgetragen werden, d. h. die Bilder höherer Klasse werden retouchiert; aber es gehört dazu ein einsichtsvoller und sich selbst verleugnender Künstler, denn je weniger man

den Pinsel merkt, desto höher wird man in der Regel das Bild schätzen dürfen. Der Photograph selbst besitzt im Gold ein gutes, wenn auch nicht wohlfeiles Mittel, seinen Bildern zu besserem Ansehen zu verhelfen, indem er erstlich die Negative durch dunklere Schatten kräftigt und dann auch den Kopien dunklere und gefälligere Töne verleiht. Dies geschieht einfach durch Einlegen in eine schwache Goldlösung. Letztere entläßt Gold in feinster Verteilung; und die Goldpartikel sammeln sich da, wo bereits Silber ist.

Die Photographie ist sehr populär geworden und sucht auch unter den kleinsten Leuten ihr Publikum. Auf Messen und Märkten schlägt sie ihre Werkstätten auf und bietet Porträte an zu 50 Pfennigen, „gleich zum Mitnehmen." Das läßt vermuten, daß solche Bilder in andrer Art erzeugt werden müssen, als wir bis jetzt vorgetragen haben. So ist es in der That, und die Sache geht folgendermaßen zu: Es wird mit einer Kollodiumglasplatte so verfahren, als wollte man ein Negativ aufnehmen, aber man läßt die Aufnahme der Person nur einige Sekunden dauern, fixiert das unreife Negativ im Natronbade, wäscht es mit Wasser und zieht nun das noch feuchte Kollodiumhäutchen vom Glase ab. Hält man dies Häutchen gegen das Licht, so sieht man ein sehr deutliches dunkles Bild, gleichsam im Innern desselben, während es äußerlich bei auffallendem Licht nur erst schwach bräunlich erscheint. Dies Häutchen wird gleich vom Glase weg auf schwarzes Wachstuch geklebt, und hiermit ist ein wirkliches positives Bild fertig, ein sogenanntes Pannotyp, das sehr hübsch gelungen sein kann. Der stellenweise durchschimmernde schwarze Hintergrund ist notwendig, denn erst im Gegensatz zu dem Schwarz erscheinen die bräunlichen Töne des Bildes als die Lichter, und folglich das auf ein Negativ angelegte Bild als positives.



Positive Kopie des nebenstehenden Negativs.

An den abgebildeten Beispielen eines Negativ und Positiv kann man deutlich ersehen, daß allen dunkeln Partien im ersten Bilde die hellen im zweiten entsprechen und umgekehrt. Das Negativ ist so dargestellt, wie es gegen das Licht gehalten erscheint, und zwar mit der abgewandten Bildfläche, also von hinten nach vorn gesehen.

Die Photographie für das gewöhnliche Leben läßt sich ziemlich handwerksmäßig und selbst ohne chemische Kenntnisse betreiben, da alle gebräuchlichen chemischen Präparate käuflich sind. Aber es gibt auch nicht wenig Fortschrittsmänner und Gelehrte, welche sich die Erweiterung des photographischen Wissens und Könnens angelegen sein lassen, und so ist denn im Gesamtbereiche dieses Faches noch so manches ausstudiert und ausprobiert worden, was wir nur kurz andeuten können oder ganz übergehen müssen, und aus den vielen photographischen Journalen und andern Schriftwerken, die beständig erscheinen, ersieht man, daß noch unablässig und rüstig weiter gearbeitet wird. — Eine wichtige Erweiterung des Faches beruht auf der Anwendung von chromsauren Salzen statt des Silbers, namentlich des doppelt chromsauren Kali oder ebensolchen Ammoniaks. Die Lösungen dieser Salze sind lichtempfindlich, werden zersetzt, wenn sie zugleich in Berührung mit organischen, d. h. dem Tier- oder Pflanzenreich entnommenen, Stoffen stehen. Bestehen solche Stoffe aus Eiweiß, Leim (Gelatine), Gummi u. dgl., so hat die Lichtwirkung zugleich die Folge, daß diese sich in Wasser nicht mehr auflösen. Denken wir uns nun, daß ein Papier im Dunkeln mit einer Mischung von Gelatine und chromsaurem Kali, die durch eingerührten Kienruß geschwärzt ist, überzogen und getrocknet wurde, so haben wir ein schwarzes lichtempfindliches Blatt, das, in einen Kopierrahmen gelegt und mit irgend einem Negativ bedeckt, ins Tageslicht gebracht, binnen 2—20 Minuten, je nach Umständen, die angegebene Umwandlung zwischen Licht und Schatten erleidet, ohne daß die schwarze Fläche Merkmale davon zeigte. Bringen wir aber den Rahmen wieder ins Dunkle und legen das Blatt einige Zeit in kaltes und warmes Wasser, so werden die unverändert gebliebenen Stellen aufweichen und sich fortspülen lassen, und es erscheint ein schwarzes Bild auf weißem Grunde. Hätte das Negativ ein Bild mit Halbschatten enthalten, so würden diese dem Auswaschen nicht widerstanden haben. Das hindert aber nicht die Anwendung des Verfahrens auf lineare Darstellungen, und so hat man denn zunächst einen photographischen Stein- und Zinkdruck darauf gegründet, welcher sich auf die Vervielfältigung von Karten und Plänen, Handschriften, Neudruck seltener Holzschnitte u. dgl. beschränkt. Ist auf Stein oder Zink ein solches Leimbild direkt entworfen oder von Papier übergedruckt und hat die Platte eine lithographische Präparierung erhalten, so kann der Druck wie gewöhnlich mit fetter Schwärze erfolgen, welche von der Leimmasse willig angenommen wird.

Man hat aber durch das Gelatineverfahren auch bessere Bilder herstellen gelernt; das sind die sogenannten Kohlebilder, mit denen zugleich das Verlangen nach unvergänglichen Bildern gestillt ist, denn Ruß sieht in alle Ewigkeit schwarz aus. Die Silberbilder sind aber oft dem Verbleichen und Vergilben unterworfen, weil trotz noch so langen Auswaschens doch noch Reste von Chemikalien im Papier bleiben können, welche in nachteiliger Weise fortarbeiten.

Die Herstellung der Kohlebilder weicht von dem schon Gesagten namentlich dadurch ab, daß die belichteten Papiere nicht direkt ausgewaschen werden, sondern man klebt und preßt zur Erhaltung der Halbschatten das Papier mit der schwarzen Seite auf ein andres, das mit einer Lösung von Kautschuk in Benzin präpariert ist. Jetzt haftet also die Gelatineschicht mit dem in ihr noch versteckten Bilde auf einem in Wasser unlöslichen Stoffe. Man legt das Doppelblatt in kaltes, dann in warmes Wasser, bis das Aufnahmepapier losgeht, und arbeitet dann alle überflüssige Schwärze fort. So kommt man, wohlgemerkt, der Gelatine von ihrer ursprünglichen Rückseite bei und kann alles wegschaffen, ohne daß das am Kautschuk klebende Bild leidet. Auf dem mißfarbigen Kautschuk kann aber letzteres nicht bleiben, weil es da auch verkehrt steht; es wird also noch ein zweites Mal übertragen. Man überzieht die Bildfläche mit klarer Gelatine, legt, wenn diese halb trocken geworden, das Papier oder den Karton auf, der das Bild endgültig aufnehmen soll, und läßt das Doppelblatt durch Preßwalzen gehen. Nachdem es ganz trocken geworden, netzt man das Kautschukblatt von der Rückseite mit Benzin; hierdurch wird der Kautschuk erweicht, die Blätter können getrennt werden und das Bild bleibt auf der Gelatine haften, auf welche das Benzin keine Wirkung hervorbringt.



Entwickelung des Negativs.

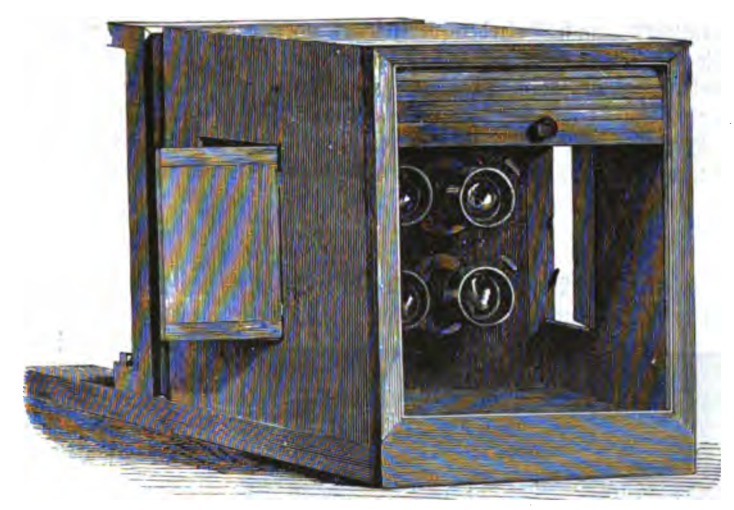
Die so erzeugten, sehr gut aussehenden Kohlebilder werden auch **Pigmentdrucke** genannt. Sie kommen im Bilderhandel häufig genug vor, werden aber bald verschwinden vor dem neuesten und schönsten Fortschritte der Photographie, dem sogenannten **Licht- oder Glasdruck**, wozu der Pigmentdruck nur eine Durchgangsstation gebildet hat. Man versteht hierunter ein Verfahren, wobei das Chromgelatinebild durch ein Negativ auf einer Platte von starkem Spiegelglas erzeugt und so präpariert wird, daß man davon mit fetter Farbe, ganz wie von einem lithographischen Stein, unmittelbar mehrere Hundert (über 1300) Abdrücke nehmen kann, natürlich unter sehr leichter, das Glas nicht gefährdender Behandlung. Der erste Erfinder und Patentnehmer dieses Verfahrens ist der Hofphotograph **Albrecht** in München; es sind ihm aber in kurzer Zeit verschiedene andre

Glasdrucker mit abgeänderten Methoden gefolgt, so Angerer, Ohm und Grossmann, Lethe, Obernetter u. a. m. Es hat somit dieses neue, in Deutschland entstandene Verfahren hierselbst auch rasch eine hohe Ausbildung erlangt. Die Glasdrucke überraschen durch ausgezeichnete Feinheit und Klarheit der Bilder, ja durch eine Vollendung, daß man sich sagen muß, das Ziel sei fast erreicht und das beste photographische Verfahren gefunden. Hierdurch ist die photographische Praxis um vieles einfacher geworden und die Herstellung aller verkäuflichen Kunstblätter fällt ohne weiteres dem Glasdruck zu, während die Porträtphotographen den Übergang vom Alten zum Neuen vielleicht nicht so bald finden werden. Der Lichtdruck ist aber noch zu verschiedenen andern Zwecken anwendbar. Während des Krieges 1870 sind in München Kriegskarten, Kopien der Sektionen der französischen Generalstabskarte, massenhaft angefertigt und mit Vorteil von den deutschen Armeen benutzt worden. —

Einige Jahre älter ist das Verfahren von Woodbury, von welchem nicht viele, u. z. sehr schöne Probeblätter vorhanden sind, das aber gar nicht in die Praxis eingetreten ist und nunmehr alle Aussicht dazu verloren hat. Wahrscheinlich sind zu viel Schwierigkeiten damit verbunden; liest man die Beschreibung des Verfahrens, so sollte man gewiß meinen, es könne gar nichts dabei herauskommen. Ein Leimbild wird von der Erzeugungsplatte abgenommen und getrocknet; es erscheint etwa so wie ein Blatt von dünnem Horn, und die Züge des Bildes sind dicker als der Grund. Es wird auf eine aus Letternmetall gegossene Platte gelegt und mit der stärksten Kraft einer hydraulischen Presse dagegen gepreßt. Die Platte enthält nun das Bild vertieft und ist druckfertig. Man überzieht sie ganz mit geschwärzter Gelatine, legt Papier auf und preßt die Druckplatte dagegen. Alle überflüssige Schwärze wird dadurch an den Seiten herausgequetscht, und auf dem Papier bleibt ein Bild zurück, das wie fein getuscht aussieht.

Mancherlei Anläufe sind gemacht worden, um zu einer Phototypie zu gelangen, d. h. zur Herstellung von Platten mit erhabenen Bildflächen, um dadurch den Holzschnitt bei illustrierten Drucksachen zu ersetzen. Überhaupt ist, abgesehen von der Beihilfe der Lichtwirkung, die leichtere Erzeugung von Hochdruckplatten eine Angelegenheit, die gegenwärtig immer eifriger betrieben wird, und nicht ohne allen Erfolg. Man findet in zahlreichen illustrierten Blättern schon öfter derartige Darstellungen, die keine Holzschnitte sind, sondern eben solche Ersatzmittel, freilich in der Qualität den Holzschnitt nicht erreichend. Ob dazu in den verschiedenen Anstalten, die dergleichen Platten, jedenfalls nach verschiedenen, wenig bekannten Verfahrungsweisen liefern, immer auch die Lichtwirkung mit benutzt wird, läßt sich nicht angeben; um aber doch zu zeigen, auf welche Weise etwa eine Brücke zwischen photographischem Atelier und Buchdruckerei zu schlagen ist, wollen wir die Grundzüge eines freilich unreif gebliebenen Verfahrens des Österreichers Pretsch hier angeben.

Wird eine unter einem Negativ oder durchsichtigen Positiv dem Lichte ausgesetzte Chromgelatineplatte in kaltes Wasser gestellt, so bleiben die vom Lichte getroffenen Stellen unverändert, weil sie kein Wasser mehr anziehen.



Kleinbildercamera mit 4 Objektiven.

Dies thun aber die im Schatten gebliebenen, schwellen daher an und erheben sich über die allgemeine Fläche, so daß die Platte nun ein Relief zeigt. War ein Glaspositiv angewandt, so ist es das Bild, welches sich heraushebt, bei einem Negativ hingegen die Zwischenräume der Zeichnung. Im ersteren Falle erhält also schon die Platte das Ansehen einer in Holz geschnittenen, ohne aber deren Festigkeit zu besitzen. Man tränkt daher die Gelatine, wie ja überhaupt in allen Fällen ihrer Anwendung, noch mit Gerbstoff- oder Alaunlösung, wodurch sie gegerbt und mehr gefestigt wird, nimmt dann einen Gipsabguß und präpariert diesen dahin, daß man im galvanoplastischen Apparat ein kupfernes Gegenbild davon abnehmen kann. — Bei Hochdruckplatten von Zink wird vielleicht so verfahren, daß man das Leimbild auf die Platte bringt, durch Überwalzen mit fettem Deckfirnis noch mehr verstärkt und dann mit Säuren hoch ätzt.



Zugleich erzeugte Bilder.

Der Holzschnitt selbst wird wohl durch die Photographie weniger auf diesem Wege, als dadurch beschränkt werden, daß man Bücher statt

wie früher mit Holzschnitten nun mit Lichtdrucken in selbständigen Blättern illustriert, welche sehr wohlfeil werden müssen. Der Holzschnitt genießt aber von der Photographie auch wesentliche gute Dienste dadurch, daß sie ihm häufig das Aufzeichnen auf den Holzstock erspart und das Bild für ihn entwirft, nach Belieben verkleinert oder vergrößert. Anfangs zwar wollte die Sache nicht gut gehen, indem öfter das Kollodium- oder Gelatinehäutchen sich beim Gravieren abblätterte; man ist aber dazu gelangt, diesen Mangel zu heben, indem man das Bild auf Kollodium entwirft, das Häutchen mit der Bildseite nach unten auf das Holz klebt, trocknen läßt und dann das Kollodium mit Äther und Alkohol auflöst.

Ein großer Vorteil bei der Photographie ist die leichte Möglichkeit, den direkten Aufnahmen wie den Kopien jede beliebige Größe zu geben durch kürzere oder weitere Entfernung des Gegenstandes vom Lichtkasten und Anwendung flacher oder stärker gewölbter Glaslinsen. Die höchst verkleinerten Darstellungen heißen Mikrophotographien und waren als Modeartikel eine Zeitlang sehr beliebt und in Stockknöpfen, Berloques u. dgl. nebst Lupe häufig angebracht. — Während solche Photographien in Größe und Ansehen einem Fliegenschmutz vergleichbar sind, erblickt man durch die Lupe doch ein ziemlich großes deutliches Bild. Kleinbilder sind ebenso leicht wie gewöhnliche herzustellen, nur die genaue Einstellung des Lichtkastens ist schwieriger, und man kann dabei die matte Glastafel als ein zu plumpes Möbel nicht anwenden. — Eine wichtige praktische Anwendung fand die Mikrophotographie bei der letzten Belagerung von Paris. Die von den deutschen Truppen dicht umzingelte Riesenstadt konnte ihre Verbindung mit den Provinzen und ihren daselbst noch befindlichen Heeren nur mit Hilfe von Luftballons unterhalten, und um diesen luftigen Trägern, die bei geringerer Größe nicht viel Ballast vertragen können, möglichst viele Depeschen, Briefe und allerhand Mitteilungen aufzupacken, wurden alle Schriftstücke auf dünnstem Papier photographisch so weit verkleinert, daß das Lesen derselben nur mittels eines Mikroskopes möglich war. Eine



Photographisches Sonnenbild.

andre Art von Mikrotypen sind vielfach vergrößerte Bilder von winzigen Naturgegenständen und haben daher einen Lehrzweck, während die vorigen nur als Kuriositäten gelten können. Früher sind diese Vergrößerungen mit dem Sonnenmikroskop-Apparat aufgenommen worden; man hat aber neuerdings den Sonnenschein entbehren und bei gewöhnlichem Tageslichte arbeiten gelernt.

Megalophotographien sind der Gegensatz zu der Kleinarbeit, Bildnisse in und über Lebensgröße. Zu ihrer Erzeugung dient ein kleines, recht kräftiges Glasnegativ; von diesem werden sie in einem Vergrößerungsapparat kopiert. Gewöhnlich besteht solcher aus einer freistehenden Kammer, einem runden Schilderhaus ähnlich; das Glasnegativ ist zu oberst wagerecht in eine Öffnung eingesetzt und wirft das Bild senkrecht herunter auf einen Tisch, auf welchem das empfindliche Papier liegt. Da nun das Bild durch die starke Vergrößerung bedeutend abgeschwächt worden ist, so dauert es mehrere Stunden, bis das Himmelslicht hinreichenden Eindruck auf das Papier gemacht hat.



Photographisches Mondbild.

Will der Photograph eine Anzahl Visitenkartenporträte oder andre Kleinbilder herstellen, so wird er die Negative gleich mehrfach aufnehmen mittels einer Camera mit mehrfachen Objektiven (Linsenrohren). Zumeist sind deren vier, und man macht zwei Aufnahmen auf dieselbe Platte nebeneinander, die also, nachdem die ersten vier abgenommen sind, im Kasten eine seitliche Verschiebung erhält.

Bekanntlich werden auch Photographien auf Porzellan, Email, Glas eingebrannt und dadurch gewissermaßen verewigt. Es geschieht dies nach dem neuen Verfahren von Grüne in Berlin in folgender Art. Es werden gewöhnliche Silberbilder erzeugt, mit dem Kollodiumhäutchen von der Glasplatte abgelöst und in ein Bad von Chlorplatin gelegt. Der Silberstaub zersetzt das Chlorplatin, bildet mit dem Chlor Chlorsilber und das Platinmetall wird in feinster Verteilung als Platinschwarz frei. Das Chlorsilber wird durch ein Lösungsmittel herausgezogen, und man hat nun an Stelle des grauen Silberbildes ein tiefschwarzes Platinbild, das

sich gänzlich unverändert einbrennen läßt. Zu diesem Behufe wird das Bild auf das Porzellan geklebt, das Kollodium mit Äther weggeschafft und ein Überzug mit einem Flußmittel gegeben. Wird in derselben Weise mit Chlorgold verfahren, so erscheinen die eingebrannten Bilder braun und nehmen durch Polieren mit einem Achat Goldglanz an. Auf diese Art werden die reizendsten Goldverzierungen auf Porzellan gebracht.

Die Anwendungen der Photographie mehren sich fort und fort. Man kopiert für den Kunsthandel wertvolle Kupfer- und Stahlstiche, Holzschnitte, Manuskripte. Maler lassen ihre Handzeichnungen auf diese Weise vervielfältigen. Eine reiche Fundgrube bilden aber die Bildergalerien, oder vielmehr die meisten und besten dort vorhandenen Kunstwerke mögen schon abgenommen und in den Kunsthandel gelangt sein. Das sind nun freilich immer nur Kopien von Kopien, denn der Photograph arbeitet dabei nach einer verkleinerten, in Tuschmanier ausgeführten Zeichnung. Photographien, direkt von Ölbildern abgenommen, finden sich zwar auch, und sie können Künstlern als Studienblätter sehr wertvoll sein, aber der bloß sammelnde Liebhaber würde sie nicht suchen oder gar kaufen, da sie in der Regel sehr mangelhaft und sonderbar aussehen.

Die reisenden Photographen schaffen aus allen Ländern des Erdballs Landschaften, Städte- und Gebirgsansichten, Abbildungen merkwürdiger Gebäude und Monumente fremder Völkerschaften herbei und bringen uns selbst unterirdische Merkwürdigkeiten, indische Felsentempel, ägyptische Gräber mit ihren zahllosen Bildnereien u. dgl. zu Gesicht; denn nicht nur das Tageslicht, sondern auch jede Art starken künstlichen Lichtes ist zum Photographieren tauglich. Mit den wenigsten Umständlichkeiten lassen sich Weißfeuer und noch besser Magnesiumdraht benutzen, welcher letztere sich fast wie eine Kerze anzünden läßt und mit einem Lichtglanze abbrennt, der die Tagesbeleuchtung vollständig ersetzt.

Fortwährend ist man auch bestrebt gewesen, auf photographischem Wege die natürliche Farbe der Gegenstände wiederzugeben. Es ist dies zwar bis jetzt noch nicht in wünschenswert vollkommener Weise gelungen, doch darf man die Hoffnung hegen, daß dies höchste Ziel endlich dem mühsamen Streben erreichbar werden muß.

Die Photographie ist aber auch in höheren Welten beschäftigt und eine wertvolle Helferin des Astronomen wie bei den wissenschaftlichen Beobachtungen überhaupt geworden. Bei den letzten totalen Sonnenfinsternissen waren Photographen sehr aktiv, die Erscheinung festzuhalten, und es ist mitunter gelungen, bis zu zehn Aufnahmen während der Dauer der Verfinsterung zu machen.

Vom Monde sind sehr schöne photographische Bilder gewonnen worden (durch Secchi, de la Rue u. a.), welche manche Einzelheiten zeigen, die unsre gewöhnlichen Mondkarten nicht enthalten, weil die Zeichner derselben sie nicht sehen konnten, denn das Licht malt nicht mit denselben Lichtstrahlen, durch die wir sehen, sondern mit dunkeln, denen aber

vorzugsweise die chemische, also photographische Wirkung eigen ist. Die vorstehenden Abbildungen zeigen ein photographisches Sonnen- und ein ebensolches Mondbild. Für die Aufnahme der Sonnenfläche darf die photographische Platte nur etwa $^1/_{100}$ Sekunde lang belichtet werden; diese kurze Zeitbestimmung bietet manche Schwierigkeit. Die entgegengesetzte Schwierigkeit stellt sich bei der photographischen Aufnahme des Mondes heraus, dessen Licht so schwach wirkend ist, daß die Belichtung lange Zeit dauern muß, wobei die rasche Bewegung des Mondes störend wirkt. Auch von den Planeten, Jupiter mit seinen Bändern, Saturn mit seinen Ringen, Venus, Mars, existieren sehr schöne photographische Abbildungen. Die Fixsterne freilich, so lichtkräftig sie sind, bleiben infolge ihrer ungeheuern Entfernungen völlig unkörperlich und bewirken im Negativ nichts als feine schwarze Pünktchen. — Alle astronomischen Aufnahmen können nur durch die großen Fernröhre bewerkstelligt werden, welche der am Okular angebrachten Camera als riesige Objektive dienen. Große Erleichterung gewährt die Photographie in einfachster Form auch den Beobachtern auf den Sternwarten, indem sie dieselben der Mühe überhebt, fortwährend in bestimmten Zeiträumen den Stand der Barometer, Thermometer und Magnetnadeln zu prüfen und zu notieren. Das wird viel vollkommener besorgt, weil es immerfort durch ein Uhrwerk geschieht, welches einen empfindlichen Papierstreifen hinter eine Spalte vorbeiführt, und eine Lampe, welche das Licht dazu gibt. Die Magnetnadeln tragen ein Spiegelchen, das einen Lichtpunkt auf das photographische Papier wirft. Ist das Papier verbraucht, so wird es fixiert und durch frisches ersetzt. Diese Streifen bilden nun wirkliche Dokumente; sie enthalten Schwarz auf Weiß resp. Weiß auf Schwarz fortlaufende Linien, bald steigend, bald fallend, das genaue Abbild der an den Instrumenten stattgehabten Abweichungen.

Das Stereoskop.

Wir haben noch eine der interessantesten und populärsten Anwendungen der Photographie zu besprechen: die Aufnahme stereoskopischer Bilder. Der stereoskopische Kasten und die photographischen Bilder sind wie für einander geschaffen und ergänzen sich in vorteilhaftester Weise.

Das Stereoskop an und für sich ist eine schöne, ihrem Urheber alle Ehre machende Erfindung; aber ohne die Kunst der Lichtbildnerei wäre es eben ein wissenschaftlicher Apparat geblieben, hätte nie ein Mittel werden können, vielen Tausenden Freude und Genuß zu bereiten.

Der aus dem Griechischen gebildete Name des Instrumentes sagt uns, daß wir darin verkörperte Gegenstände sehen; und in der That haben wir auch ganz diesen Eindruck, während wir uns doch jeden Augenblick überzeugen können, daß wir nur flache Bilder betrachten. Auch die zeichnenden Künste bemühen sich, dem Beschauer die Fläche vergessen zu machen und

mit Hilfe der Perspektive und Schattengebung die Gegenstände plastisch, d. h. als wirkliche Körper darzustellen; allein niemand wird sich durch ein Gemälde so täuschen lassen, daß er einen freistehenden Gegenstand zu sehen glaubte. Das Stereoskop dagegen bewirkt diese Täuschung aufs vollkommenste. Wie dies zugehe, wollen wir uns im folgenden, ohne uns zu sehr in optische Lehren zu vertiefen, klar zu machen suchen.

Wir erfuhren bereits, daß das Auge eine wirkliche Camera obscura ist, ja der Erfinder dieser wurde gerade durch den Bau des Auges erst auf die Herstellung seines Instrumentes geführt. Nur ist das Auge das bei weitem vollkommenere Instrument, das nicht allein völlig achromatisch ist, sondern sich auch, je nachdem es die verschiedene Entfernung der Gegenstände erfordert, von selbst akkommodiert oder einstellt. In beiden Apparaten wird, wie wir wissen, im Hintergrunde ein verkleinertes farbiges Bild der außen befindlichen Gegenstände erzeugt. Wie der Gefühlsnerv des Armes sich in den Fingern in zahlreiche feine Fäden spaltet, welche eben das Tastgefühl in den Fingerspitzen vermitteln, so teilt sich der Sehnerv in den Augen ebenfalls in zahllose, überaus feine Verzweigungen, deren in einer Fläche gelagerte Enden zusammen die sogenannte Netzhaut bilden. Auf ihr schlagen sich die Bilder der Außenwelt nieder, und die Nervenenden fühlen somit die feinsten Unterschiede dieser Lichteindrücke hinsichtlich ihrer Form, Stärke und Färbung; der Sehnerv leitet diese Empfindungen zum Gehirn, wo sie auf geheimnisvolle Weise als Gesichtserscheinungen zum Bewußtsein kommen. Jedes Auge faßt also den Gegenstand in einem besonderen Bilde auf, während wir doch den Gesichtseindruck nur wie einen einzelnen empfinden, d. h. die Gegenstände nicht doppelt, sondern nur einfach sehen. Dies erklärt sich nun wohl hauptsächlich daraus, daß die beiden Augennerven, Äste eines Stammes, sich hinter den Augen vereinigen und die beiden Bilder auf solche Stellen der Netzhäute fallen, die miteinander korrespondieren, d. h. die sich decken würden, wenn man beide Häute mit den Sehflächen übereinander legte. Wird diese Bedingung aufgehoben, was z. B. geschieht, wenn man den einen Augapfel ziemlich stark zur Seite drückt, so sehen wir allerdings einen und denselben Gegenstand doppelt.



Stereoskop-Camera.

Nun liegt die Frage nahe, wozu zwei Augen dienen, wenn es sich nur um einfache Auffassungen handelt. Früher machte man es sich mit der Antwort bequem und erblickte darin eine weise Fürsorge des Schöpfers, der uns deshalb das kostbarste Sinneswerkzeug doppelt geschenkt habe, damit

wir, wenn ein Exemplar verunglücken sollte, doch wenigstens noch eines übrig behielten. Die neuere Wissenschaft hat nun aber gezeigt, daß dieses doppelte Vorhandensein einen noch näherliegenden, ganz direkten Nutzen habe: nämlich jeden Körper uns als solchen und nicht als Fläche darstelle, und das Stereoskop ist gerade das geeignete Mittel, dies zur klaren Anschauung zu bringen.

Das Nachstehende wird dies erläutern.

Eine von der Pupille aus nach dem gesehenen Gegenstande gezogene Linie nennt man die Sehachse. Sind die Augen auf entfernte Gegenstände gerichtet, so ist der Winkel, in dem die beiden Sehachsen zueinander stehen, so verschwindent klein, daß man annehmen kann, dieselben liefen parallel miteinander. Bei der Betrachtung naher Gegenstände aber stellen sich die Augäpfel so, daß die Sehachsen in dem gesehenen Gegenstande zusammenfallen; sie bilden dann ein Dreieck, dessen Grundlinie die Entfernung zwischen den beiden Pupillen ist. Denkt man sich die Sehachsen noch weiter verlängert, so müssen sie natürlich hinter ihrem Vereinigungspunkte wieder auseinander laufen, denn sie haben sich dort gekreuzt. Nehmen wir nunmehr an, ein Beschauer in a (s. d. Fig.) sehe auf einen Gegenstand bei b. Er erhält von demselben zwei Eindrücke, die in einen verschwimmen, weil, wie wir schon wissen, die Bilder in beiden Augen auf übereinstimmende Punkte der Netzhäute fallen. Schieben wir nun dem Beschauer bei c zwei ganz ähnliche Gegenstände vor (wir können uns dabei etwa verschiedene Exemplare eines und desselben Kartenblattes denken), so wird der Sehende, vorausgesetzt, daß er die Stellungen der Augen nicht ändert, immer nur einen Gegenstand erblicken, denn die Punkte auf den Netzhäuten, wo das Bild sich formiert, können durch das bloße Vor- und Rückwärtsschieben der Gegenstände auf der Sehlinie keine Änderung erfahren; nur die Empfindung der Entfernung wird eine andre werden müssen. Daher lassen sich auch jenseit des Kreuzpunktes der Sehachsen zwei gleiche Bilder (d) aufstellen, die sich im Auge in eines vereinigen.

Nach dem eben Gesagten sollte es scheinen, daß ein stereoskopisches Sehen auch ohne künstliche Hilfsmittel möglich wird, und so ist es in der That; aber diese Freiübungen würden sehr erzwungen und ermüdend sein, daher eine Unterstützung der Augen notwendig wird. Und mehr als eine Unterstützung des Auges ist der stereoskopische Apparat wirklich nicht, denn seine Funktion beschränkt sich darauf, den Augen die zu nehmende Richtung anzuweisen und dem Blicke die seitwärtsliegenden Gegenstände zu verdecken; will man die Gläser außerdem so einrichten, daß sie die Bilder zugleich vergrößern, so ist dies doch immer nur eine Nebensache. Das Wunderbare, Überraschende liegt also hier gar nicht im Apparat, sondern hat seinen

Grund vielmehr in uns selbst, in der staunenswerten Einrichtung unsrer Sinneswerkzeuge. Diese mit Scharfsinn geprüft und eine interessante Nutzanwendung daraus gezogen zu haben, ist das Verdienst Wheatstones, des Erfinders des Stereoskops. Legt man zwei ganz gleiche Bilder, etwa zwei Kartenblätter, in einen stereoskopischen Apparat, so kann der Erfolg kein andrer sein, als die Erscheinung eines einzelnen Kartenblattes. Zwei Abbildungen desselben Gegenstandes aber, die gerade nur so weit unter sich verschieden sind, als jedes Auge ihn für sich erblickt, müssen einen ganz besonderen Effekt machen; es ist ein Einswerden zweier Ansichten, die zusammen mehr enthalten müssen, als auf eine bloße Fläche gezeichnet werden kann, und eben daraus entsteht beim Beschauer der so fesselnde Eindruck des Körperhaften; er sieht nicht bloß Länge und Breite der Gegenstände, sondern auch ihre Tiefe, mit einem Worte wirkliche Körper.

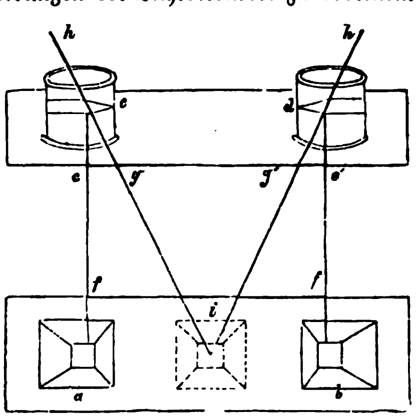
Das Stereoskop hat keine Spiegel, aber dafür eigentümlich geformte Linsen. Seinem Äußeren nach ähnelt es meistens einem doppelten Operngucker. Es ist hierbei besonders auf die Form der Linsen noch aufmerksam zu machen. Letztere sind eigentlich keine Linsen, sondern nur Teile derselben, wie man sie erhält, wenn man eine auf beiden Seiten erhabene (bikonvexe) Linse in zwei, drei oder vier gleiche Stücke zerschneidet. Solche Teilstücke brechen wie gewöhnliche Prismen die durchgehenden Lichtstrahlen nach der Seite, wirken also, wenn die scharfen Kanten gegeneinander gekehrt werden, zerstreuend.

Die nachstehende Durchschnittszeichnung eines Prisma-Stereoskops und die Wirkungsweise desselben erklärt sich leicht. Wir sehen hier in a b zwei von verschiedenen Standpunkten aus genommene Zeichnungen eines und desselben geometrischen Körpers; die von denselben in gerader Richtung e f zurückgeworfenen Lichtstrahlen fallen auf die in den Sehrohren steckenden Prismen und werden von der geraden Richtung nach h h zu abgelenkt, wo sie in das Auge des Beschauers gelangen. Dieses hat kein Gefühl davon, daß diese das Sehen vermittelnden Strahlen gebrochen sind; es empfindet dieselben gerade so, als wenn sie ihm aus der Richtung von g zugekommen wären. Die beiden Linien g müssen aber, da sie gegeneinander laufen, bald irgendwo zusammenstoßen; dies geschieht in i, und hierher verlegt der Geist den gesehenen Gegenstand, und zwar sieht er nicht ein Doppelbild, sondern einen wirklichen Körper, sofern die beiden Zeichnungen mit Rücksicht hierauf angefertigt sind. Daß die stereoskopische Erscheinung wirklich das Produkt der beiden Seitenbilder ist, erkennt man schon, wenn man diese Bilder aus ihrer richtigen Stelle entfernt, indem man sie etwas weiter auseinander rückt; man erblickt alsdann Bruchstücke von Bildern.

Das Stereoskop erregte anfänglich keine große Aufmerksamkeit; erst im Jahre 1850, zwölf Jahre nach seinem ersten Bekanntwerden, begann seine Glanzperiode, und zwar auf Veranlassung eines Besuchs, den der berühmte schottische Physiker Brewster in Paris machte. Die Franzosen warfen sich auf den bisher kaum gewürdigten Apparat mit einem wahren Feuereifer,

und die jetzige große Verbreitung ist hauptsächlich ihr Werk. Wheatstone hatte absichtlich immer nur einfache Umrißzeichnungen ohne Schatten und Farben angewandt, um zu zeigen, daß die Wirkungen seines Instruments nicht von diesen Hilfsmitteln abhingen. An den einfachen Gegenständen, die es zeigte, so lange die Zeichnungen mit der Hand angefertigt werden mußten, wie z. B. geometrische Körper, eine Urne, eine Spiralfeder u. dgl., hatte man sich bald satt gesehen; verwickeltere Gegenstände in der erforderlichen Weise richtig zu zeichnen ist aber so außerordentlich schwierig, daß es selbst dem vollendeten Künstler nicht überall gelingt.

Die Sachlage änderte sich aber völlig, nachdem man angefangen hatte, sich zur Gewinnung der Abbildungen der Lichtbildnerei zu bedienen.



Die Aufnahme der zu einer stereoskopischen Ansicht gehörigen beiden gleich großen Bilder hat also von zwei etwas verschiedenen Standpunkten aus zu erfolgen. Über die Entfernung dieser Punkte sowie des Gegenstandes bestehen gewisse Regeln. Man kann die Aufnahme mit einer einfachen Camera durch zweimaliges Aufnehmen erreichen, nachdem vor der zweiten Aufnahme der Apparat um die erforderliche Entfernung nach einer Seite gerückt wird, ohne sonst seine Richtung nach dem Gegenstande zu verändern. Meistens aber benutzt man eine Camera mit zwei Objektiven und nimmt beide Ansichten zugleich und nebeneinander stehend auf die präparierte Glasplatte. Von diesem Negativ wird nun erst das benutzbare positive Papierbild abkopiert, und wohlgemerkt in seine beiden Hälften zerschnitten und diese umgestellt, denn so erst lassen sich beide wie ein einziges Bild erschauen. Manche Ansichten sind auch auf Glas, also einen durchsichtigen Grund gebracht und machen dadurch eine eigenartige malerische Wirkung.

So besitzen wir denn in der durch die Lichtbildnerei erst möglich gewordenen Stereoskopie eine Errungenschaft, welche Geist, Gemüt und Phantasie in hohem Grade zu beschäftigen geeignet ist. Sie versetzt uns, wie ein Zaubermantel, im Augenblick an die entlegensten Örtlichkeiten, von den Wundern der Alpenwelt in die idyllischen Haine des Südens, in die berühmtesten Städte und Punkte der Welt, kurz zu allen Wundern der Natur und Kunst. Wie zauberhaft schön und naturwahr sind diese Felsen, diese Baumgruppen, das hochaufbrausende Meer, denn selbst diesen Anblick vermag man jetzt, wo eine fast augenblickliche Aufnahme ermöglicht worden ist, festzuhalten. So bildet das Stereoskop in Verbindung mit der

Lichtbildnerei gleichsam ein verstärktes Teleskop, welches aus noch viel weiteren Fernen her die Gegenstände in den von Natur so engen Gesichtskreis des Menschen zu ziehen vermag, und darum ist das Instrument auch so populär überall geworden, daß Millionen dadurch Belehrung und Genuß suchen und finden.

Einer Anwendung des Stereoskopes wollen wir noch gedenken, welche für die Fälscher von Banknoten und Kassenscheinen jedenfalls sehr unerwünscht sein muß.

Bringt man zwei echte Kassenscheine, die von einer und derselben Platte stammen, in einen stereoskopischen Apparat, so wird man nur den Eindruck einer planen Zeichnung haben, also keine Tiefe bemerken. Anders verhält sich's, wenn die beiden Kassenscheine nicht von derselben Platte, oder wenn die Schrift von einem auch nur etwas andern Satze xc. ist. In diesem Falle nämlich zeigen sich die Worte, eben weil sie verschoben sind und sich nicht vollständig decken, nicht mehr in einer Ebene liegend, sondern sie erheben sich treppenartig übereinander, schweben gleichsam in der Luft.

Beobachtet man also einen unechten Kassenschein neben einem echten im Apparat, so wird das Heraustreten der Schrift oder der Zeichnung aus der Ebene deutlich zu bemerken sein und hierdurch in den meisten Fällen das Falsifikat seine Bestätigung finden. Die Nachahmung mag dann auch noch so gut und täuschend sein — kleine Abweichungen vom Orginal werden doch stattfinden, und der stereoskopische Apparat bringt dieselben mit unfehlbarer Sicherheit ans Licht.

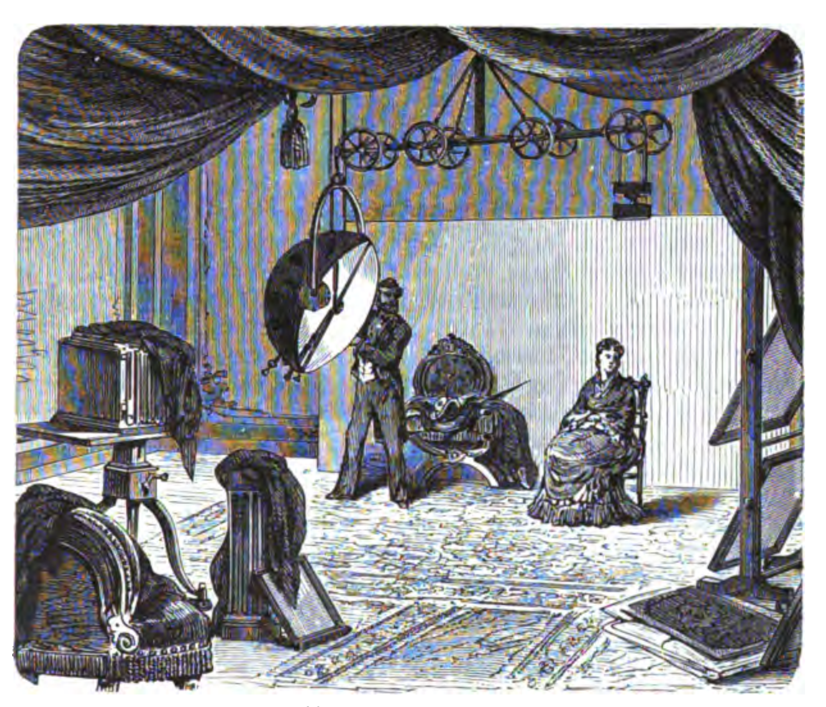
Als Übergang zu dem nächsten Kapitel unserer Besprechungen, welche das elektrische Licht in ihr Bereich ziehen, sei hier noch schließlich dessen Anwendung für die photographische Lichtbildnerei erwähnt. In der That ersetzt dieses Licht für den vorliegenden Zweck das Sonnenlicht vollständig, und es ist somit dem Photographen ein Mittel in die Hand gegeben, auch ohne Mithilfe der Sonne seine Bilder herzustellen, was für die Aufnahmen merkwürdiger Höhlen, innerer Räume von Gebäuden und in andern Fällen, wo die Sonnenbeleuchtung fehlt, sehr wertvoll sein kann. Es handelt sich bei der Benutzung des elektrischen Lichts für photographische Zwecke darum, den scharfen, von einem Punkte ausstrahlenden Glanz zu mildern und das Licht über den aufzunehmenden Gegenstand gleichmäßig zu zerstreuen. Dies geschieht mit Hilfe eines großen parabolischen Reflektors aus Papiermasse, der im Innern eine glatte hellbläulich gefärbte Fläche hat. Der leichten Beweglichkeit wegen ist dieser Reflektor mittels Rollen an einem Hebel mit Gegengewicht aufgehängt.

---

method of illumination

follows

in which the joint



Das elektrische Licht im Dienste der Photographie.

A

Das jetzige neuere Beleuchtungswesen.

Als im Jahre 1792 der Ingenieur William Murdoch zu Rodruth in Cornwall sein Haus nach eigner Erfindung mit Steinkohlengas beleuchtete, da war einer der folgenreichsten Fortschritte für das Gemeinwohl angebahnt und eine neue Ära für das Beleuchtungswesen angebrochen, denn bisher hatte man sich selbst an den Stätten der höchsten Kultur mit trüb brennenden Talgkerzen und sehr unvollkommenen Öllampen behelfen müssen. Wie sehr selbst das Lampenwesen noch vor hundert Jahren gegen seinen heutigen Zustand zurück war, geht schon daraus hervor, daß man damals kein andres Brennmaterial für diese Beleuchtungsapparate als die fetten Öle gekannt hatte, daß man selbst diese erst seit Anfang dieses Jahrhunderts durch Thenard entsprechend reinigen lernte, und daß der Flachdocht erst 1783 durch Leger in Paris und dann 1784 der Hohldocht nebst gläsernem Schornstein durch den schwedischen Botaniker Clas Alströmer erfunden wurde. Allerdings war die sogenannte Flaschenlampe mit seitlich angebrachtem Ölbehälter, welche Form die bis auf unsre Zeit gekommenen Schiebelampen zeigen, schon viel früher — nämlich schon 1550 durch

Hieronymus Cardanus in Mailand — erfunden worden, wie aber diese ohne Glascylinder mit ungereinigtem Öle und dickem runden Dochte geleuchtet und gequalmt haben mag, ist wohl leicht zu denken.

Nach alledem ist gewiß, daß Murdochs Erfindung der Gasbeleuchtung von größter Wichtigkeit war. Die erste größere Anwendung fand diese Beleuchtungsmethode 1804, wo der glückliche Erfinder, der zugleich Watts erster Ingenieur und geschickter Gehilfe war, zu Manchester in einer Baumwollenspinnerei seinen Gasbeleuchtungsapparat aufstellte, der 3000 Talglichtflammen zu ersetzen hatte. Auch deutsches Verdienst ist gleich zu Anfang in dieser Sache zu rühmen, indem ein Deutscher, Namens *Winzer*, der sich damals in England aufhielt und dort Winsor nannte, sich viel Verdienst um die Verbreitung der Gasbeleuchtung erwarb und die ersten Gasbeleuchtungsgesellschaften in London und später auch in Paris gründete.

Im Jahre 1815 waren bereits viele Straßen und Gebäude Londons sowie andrer englischer Städte mit Gas beleuchtet, und 1822 bestanden schon in der englischen Metropole vier große Gasbeleuchtungsgesellschaften mit sechs Gaswerken, worin jährlich 11 Millionen Kubikmeter Steinkohlengas erzeugt und in einer Rohrleitung von etwa 54 deutschen Meilen Länge zur Speisung von 30400 Straßenlaternen und 134500 Privatbrennern verteilt wurden. Hannover erhielt 1826 Gasbeleuchtung; Berlin folgte 1828, Frankfurt a. M. 1829, Dresden 1833, Wien 1840, Leipzig und Köln 1841, Hamburg 1846 u. s. w.

Heutigentages ist die Gasbeleuchtung über alle Welt verbreitet, aber die Tage ihrer allgemeinen Anwendung sind gezählt, da mit ihren Vorteilen doch auch einige wesentliche Übelstände verknüpft sind und ein andres noch vorteilhafteres Beleuchtungssystem ihr eine immer mächtiger werdende Konkurrenz bereitet. Wir meinen das *elektrische Licht*.

Natürlicherweise ist unter den Gastechnikern ein eifriges Streben nach möglichster Verbesserung des von ihnen vertretenen Beleuchtungssystems erweckt worden. Um ein Urteil in der Sache zu gewinnen, ist es vor allem nötig, zu wissen, wieviel Leuchtgas aus einem bestimmten Quantum Steinkohle zu gewinnen ist. In dieser Beziehung ist zuerst die Kohlensorte, dann aber auch die Produktionsweise maßgebend. Man kann annehmen, daß 100 kg mittelguter Steinkohle 25—30 cbm Leuchtgas ergeben, wobei durch Zusatz eines gewissen Quantums bituminöser Schiefer — sogenannter Plattenkohle — die Leuchtkraft des Gases wesentlich verbessert werden kann.

Zur Messung der Lichtstärke eines Gases vergleicht man eine Gasflamme, die in einem für die fragliche Gassorte vorteilhaften Brenner in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Gasmenge verbrennt, mit einer bestimmten Lichteinheit, wobei man das Gesetz zu Grunde legt, daß die Intensitäten des Lichtes zweier von zwei verschiedenen Lichtquellen beleuchteten Flächen sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen dieser Lichtquellen von den Flächen verhalten. Das von einer Fläche um 2 m entfernte Licht beleuchtet also die Fläche viermal schwächer oder mit ein Viertel der

gas lighting

determin

standard

Cancel - of Webster. ad verb.

[illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] - [illegible]

Intensität, als das um 1 m entfernte Licht; bei 3 m Entfernung ist die Beleuchtung schon neunmal, bei 4 m Entfernung sechzehnmal schwächer u. s. f.

Als Lichteinheit wird in Deutschland ein aus reinem Paraffin hergestelltes Normalkerzchen von 20 mm Durchmesser, mit einem aus 24 Baumwollfäden geflochtenen Dochte und einer solchen Länge, daß 6 Stück solcher Kerzen 500 g wiegen angewendet; in Frankreich dagegen benutzt man die mit Uhrwerk versehene Carcellampe, und soll das Pariser Gas bei einem stündlichen Verbrauch von 105 l in einem vorschriftsmäßigen Argandbrenner so viel Licht entwickeln, wie 42 g gereinigtes Rüböl bei dem stündlichen Konsum in einer Carcellampe. Man bestimmt demnach die Leuchtkraft einer Lichtquelle entweder nach Normalkerzen oder nach Carcels. Das Licht eines Carcels (wie man der Kürze wegen sagt) entspricht dem Lichte von 7,6 deutschen Normalkerzen. Bei den Lichtmessungsversuchen ist es üblich, eine Normalgasflamme herzustellen, wozu man die Rundbrenner verwendet und die Leuchtkraft für 5 Kubikfuß englisch (141,5 l) Konsum nach Normalkerzen bestimmt.


Andouins Dreiflammenbrenner.

Wenn man also im gewöhnlichen Leben von einem Gasbrenner spricht, so ist damit ein Brenner gemeint, welcher 5 Kubikfuß englisch gleich 141,5 l Gas per Stunde konsumiert. Man darf jedoch nicht annehmen, daß Brenner verschiedener Konstruktion, von denen jeder 141,5 l stündlich Gas verbraucht, auch dieselbe Leuchtkraft entwickeln; dies hängt eben nur von der Konstruktion des Brenners ab.

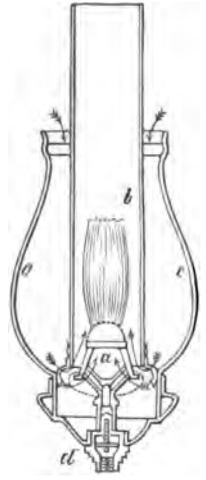
Wir gehen jetzt auf die Hauptfrage zurück: Wieviel Licht kann aus einer gewissen Menge Steinkohlen entwickelt werden?

Nach unsrer früheren auf Erfahrungen gestützten Annahme ergeben 100 kg Steinkohlen circa 30 cbm Gas, folglich ergibt 1 kg Kohle circa 300 l, womit man etwa zwei Arganbrenner von je 16 Kerzen, also zusammen von 32 Kerzen Leuchtkraft eine Stunde lang unterhalten kann.

Neuerdings sind verschiedene Arten verbesserter Gasbrenner erfunden worden, um Lichtquellen von größerer Helligkeit und geringerem Gasverbrauch herzustellen. Besonders war dabei auch auf eine gut geregelte Luftzuführung und wohl auch auf Vorwärmung der Luft des Gases mittels der Wärme der abziehenden Verbrennungsprodukte gesehen.

Eine sehr wirksame Lichtquelle dieser Art wurde von Andouin in Paris konstruiert. Wie die vorstehende Abbildung zeigt, besteht diese Vorrichtung aus drei gegeneinander geneigten sogenannten Schmetterlingsbrennern, welche demnach mit ihren Flammen eine abgestutzte Pyramide bilden. Eine solche Lampe verbraucht stündlich wenig über 1 cbm Gas und verbreitet ebenso viel Licht wie 12 Carcelbrenner oder etwa 90 Normalkerzen. Demnach verbraucht in dieser Zusammenstellung ein Carcelbrenner

nur etwa $^1/_{12}$ cbm oder 83 l Gas stündlich, während ein einzlner Carcelbrenner, dessen Flamme mit der Stärke von $7,_6$ Normalkerzen leuchtet, 105 l Gas stündlich nötig hat. Es ergibt dies eine Gasersparnis von nahezu 30 Prozent.



Muchallsche Lampe.

Auf einem etwas andern Prinzip beruht die kalorische Gaslampe von C. W. Muchall in Wiesbaden. Hier wird die Leuchtkraft, wie schon erwähnt, durch Vorwärmung des Gases und der Luft herbeigeführt.

Bekanntlich erfolgt jede Verbrennung bis zu einer gewissen Grenze unter gleichen Verhältnissen um so vollkommener, je wärmer der Brennstoff und die zur Verbrennung erforderliche atmosphärische Luft zugeführt werden. Dies gilt sowohl für Heizungs- als auch Beleuchtungszwecke — im ersteren Falle wird mehr Wärme, im zweiten Falle mehr Licht erzielt. Bei Gaslampen ist also zur Verstärkung der Leuchtkraft nur nötig, Gas und Luft vor der Verbrennung möglichst hoch zu erhitzen, und hierzu kann die Wärme der abziehenden Verbrennungsprodukte benutzt werden.



Bei der Muchallschen Lampe tritt zu dem Zwecke die Luft von oben über den Rand einer die Flamme umgebenden Glasglocke c ein und streicht an dem heißen Glascylinder b hin, innerhalb dessen die Flamme brennt. Da dieser Cylinder unterhalb offen ist, so kann die durch die Glocke strömende Luft von unten in die Flamme gelangen, wie die Pfeile in der Figur andeuten. Das Unterteil der Lampe besteht aus einem einfachen Argandbrenner a in Verbindung mit einer Heizkammer d für das Gas und einem daran befestigten Glasschälchen zur Aufnahme der Glocke c. An der Galerie des Argandbrenners sind besondere Zentrierungsfedern aus Stahl angebracht, welche die Glocke zentrieren und festhalten. Diese Lampe verbraucht bei bedeutend erhöhter Lichtstärke nicht mehr Gas als ein gewöhnlicher Argandbrenner.



Glühlichtlampe.

Auf einem ähnlichen Prinzip beruht auch der sogenannte Regenerativbrenner von F. Siemens, bei welchem ebenfalls die Luft von oben zutritt und vorgewärmt wird, die runde Flamme aber infolge des von oben kommenden Luftzuges sich nach innen umstülpt und daher fast in Form einer Kugel brennt, wobei die Verbrennungsprodukte nach unten abziehen.

Seit dem Gaslichte im elektrischen Lichte ein mächtiger Rivale erwachsen ist, kam das letztere schon zur Beleuchtung größerer Fabriken, großer Verkaufsläden, Theater, Konzertsäle, selbst zur Beleuchtung von Stadtteilen und ganzer Städte mehr und mehr in Aufnahme. Ob dadurch das Gaslicht verdrängt werden wird, läßt sich noch nicht behaupten.

yields

[illegible]

requires [illegible]

[illegible] [illegible]

certain [illegible] [illegible]

[illegible]

carbon

Seit der Zeit, wo Humphry Davy, der große englische Physiker, das elektrische Licht entdeckte (1822) und dasselbe mittels einer mächtigen Batterie von 200 Elementen zwischen Kohlenspitzen erzeugte, ist bewundernswürdig viel auf dem Gebiete des elektrischen Beleuchtungswesens geschehen.



Elektrische Straßenbeleuchtung in New York.

Die Herstellung des elektrischen Stromes durch chemische Zersetzung (Elektrolyse), wie solche in den galvanischen Batterien stattfindet, hat große Unannehmlichkeiten im Gefolge; schon der lästige, alles zerstörende Säuredampf macht die Anwendung solcher Batterien im großen Maßstabe unmöglich. Man gab sich deshalb alle Mühe, anstatt der galvanischen Batterien die elektrische Kraftmaschine oder sogenannte dynamo-elektrische

Maschine herzustellen und möglichst zu vervollkommnen. Die Geschichte der Erfindung dieser Maschine und ihre Wirkungsweise ist schon geschildert.

Das Treiben der elektrischen Lichtapparate mittels Dampfmaschine hat namentlich für größere Werkstätten, die mit elektrischem Lichte beleuchtet werden sollen, und in denen ohnedies Dampfmaschinen arbeiten, die größten Vorteile, da man keine besondere Dampfmaschine aufzustellen braucht. Es hat sich aber auch gezeigt, daß es unter Umständen noch vorteilhafter ist, das Gas zum Betrieb einer für die elektrischen Beleuchtungsapparate als Motor dienenden Maschine zu verbrennen, als damit direkt zu beleuchten, denn mit einer zweipferdigen Gasmaschine, welche stündlich 2 cbm Gas verbraucht, kann man schon mittels einer dynamoelektrischen Maschine ein elektrisches Licht von 3000 Kerzen erzeugen, während nach unsrer früheren Berechnung dieses Gas in den besten Brennern verbrannt nur etwa eine Leuchtkraft von 2000 Kerzen erzielt.

Die elektrischen Lampen sind von zweierlei Art, nämlich entweder Lampen, welche mittels des sogenannten Voltaschen Bogens leuchten und daher kurz als Bogenlampen bezeichnet werden, und sogenannte Glühlampen.

Die elektrische Bogenlampe besteht aus zwei gegeneinander gestellten Kohlenstäbchen, mitunter wohl auch aus Kohlenplatten, welche nur einen ganz geringen Zwischenraum haben, so daß der elektrische Strom zwischen ihnen übergehen kann. Infolge des hierdurch dem Strome entgegengesetzten großen Widerstandes kommen die Kohlen zum Glühen und strahlen das bekannte blendende Licht aus, das in der That dem Sonnenlichte nahe kommt. Damit die gewaltige Lichtmasse nicht allzu sehr blende, sind die Kohlenspitzen gewöhnlich von einer Milchglasglocke umgeben.

Die Glühlichtlampen bestehen aus einem bogenförmigen schmalen Streifen von verkohltem feinen Pergamentpapier, in einer möglichst luftleeren Glaskugel eingeschlossen. Die Figur auf S. 230 zeigt eine solche Glühlichtlampe. Zwischen den in die Glasglocke eingeschmolzenen Platindrähten C C ist oben der haardünne Kohlenstreifen A eingeschaltet. Unten werden die vorragenden Drahtenden mit der elektrischen Leitung verbunden.

In New York sind solche Glühlampen bereits zur Straßenbeleuchtung verwendet, und zeigt unser Bild auf S. 231 die Art dieser Beleuchtung. Es würde hier zu weit führen, alle elektrischen Beleuchtungssysteme zu besprechen, denn deren Anzahl ist eine sehr große. Besonders viele Schwierigkeiten hat die Teilung des elektrischen Lichtes, d. h. die Speisung vieler kleiner, nicht allzu stark, d. h. mit etwa 100—150 Kerzen Intensität leuchtender, Lampen gemacht, jedoch scheint dieses Problem sehr befriedigend mit der Erfindung der Glühlichtlampen gelöst zu sein. Immer noch aber herrscht jetzt Streit, welches elektrische Beleuchtungssystem mit Bezug auf Kraftverbrauch und Kosten das beste sei.

Ende.

[illegible]

then forth

ground glass shade

[illegible]

